Las Raíces de la Sinergia

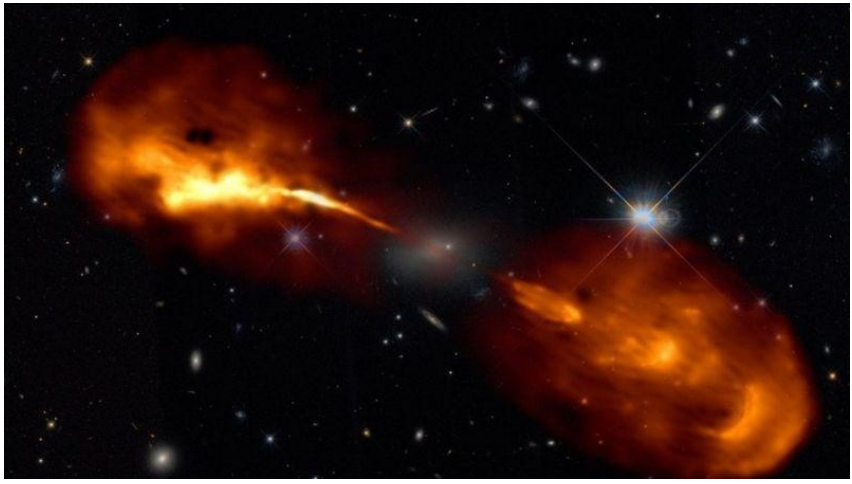
y su impacto en la sociedad

Klaus Jaffe

Caracas, Marzo 2022

Las raíces de la sinergia.

Información y Energía: Dioses del Génesis [1]



Fotografía de la liberación de energía libre más poderosa vista en nuestro universo, posiblemente debido a las interacciones sinérgicas de dos agujeros negros masivos. Tomada por investigadores de la Universidad de Durham en el Reino Unido, combinando señales de radio de más de 70.000 antenas en nueve países europeos en 2021.

La mayoría de las fuerzas de la naturaleza provocan destrucción, competencia o conflicto. Algunos procesos, como la vida, actúan en la dirección opuesta, evolucionando organismos cada vez más sofisticados y complejos a pesar de estar rodeados de muerte y caos. Las sociedades evolucionan, crean nuevas estructuras y destruyen las antiguas. La cooperación y la sinergia impulsan estos procesos biofílicos que son dependientes de flujos de información y energía. Pero no cualquier información es relevante para establecer una cooperación sinérgica. Demasiado ruido en el intercambio de información y el sistema colapsa destruyendo a los agentes que lo sustentan. Nuevos conocimientos de la termodinámica irreversible en sistemas complejos nos ayudan a comprender mejor estos procesos. Nos permite integrar de manera consiliente la dinámica evolutiva en diversos campos del conocimiento, como la física, la química, la biología, las ciencias sociales, la ética y las artes. Las consecuencias teóricas y prácticas de esta nueva síntesis aún no son del todo visibles, pero ya son poderosamente iluminadoras. Abren una ventana a un mundo nuevo que crea puentes entre la biología y la economía; la política y las ciencias empíricas; el derecho y la sociobiología; la ética y las artes. La sabiduría subyacente es que la producción de energía libre y del trabajo útil sólo son posibles con un cierto orden e información. Cuando esto sucede, surgen sinergias que crean nuevas posibilidades y nuevos futuros para nosotros y nuestra sociedad.

Tabla de Contenido

1. Introducción....8
2. ¿Qué es la Sinergia?....13
2.1 Definiciones....13
2.2 Las Raíces de la Sinergia....16
2.3 Evolución de la Sinergia....18
2.4 Sinergia y Economía....19
2.5 Sinergia en Biología....21
3. Ciencia correctora del Ego....24
3.1 Complejidad y Emergencia....26
3.2 Energía y Entropía....27
3.3 Sistemas lejos del Equilibrio....34
3.4 Horizontes de Tiempo....38
4. Como la Naturaleza logra Sinergia....40
4.1 Valor adaptativo de Libertad....40
4.2 Energía Libre y Negentropía....46
Entropía e Información....49
4.3 Orden Múltiple de Complejidad....50
4.4 Sincronización Temporal....52
4.5 Complementariedad....56
La membrana....56
El nido de avispas....58
Innovación y equilibrio....59
4.6 Simbiosis Biológicas....60
Liquen....60
Agricultura....61
Microbioma....63
5. Sinergia Social....65
5.1 Definiciones....65
5.2 Sinergia de Cooperación....69
5.3 El valor adaptativo del Amor....72
5.4 Emprendimiento: Riqueza de Sinergia....73
5.5 Sinergia en los Negocios....78
5.6 El Contrato Social....83
5.7 Juegos Suma-Cero y Ganar-Ganar....88

5.8 Cómo limitar los gobiernos parasitarios....93
5.9 Bioeconomía y Sociofisiología....95
5.10 Función de Utilidad Bioeconómica....97
6. Conceptos Alternativos de Sinergia....99
6.1 Emergencia....99
6.2 Auto-organización....100
6.3 Ley Constructual....101
7 Historia de la Sinergia....104
7.1 Coordinación en Fisioanatomía....104
7.2 Láser y la fuerza de la Coherencia....105
7.3 Sinergia Arquitectónica....106
8. Midiendo Sinergia....108
8.1 Representaciones Matemáticas....108
8.2 Cuantificando Sinergia Social....112
9. Como lograr Sinergias....115
9.1 Expandir las dimensiones de la acción humana....116
9.2 Diversidad por variación aleatoria y dirigida....116
9.3 Usar la Diversidad: La División del Trabajo....117
9.4 Mantener la Adaptación Continua....119
9.5 Aplicar la Racionalidad Empírica....121
10. Ejemplos....123
10.1 La conversación sinérgica....123
10.2 El valor de bienes raíces....125
10.3 El poder del estado....126
10.4 La orquesta....128
11. RESUMEN....131
Agradecimientos....133
Notas....134

1. Introducción

La utilidad de la ciencia para abordar los problemas sociales y económicos ha sido limitada. Esto es un reflejo de la inmadurez de las disciplinas científicas que se ocupan de estas preguntas complejas. Un ejemplo es nuestra comprensión de un fenómeno cotidiano muy simple en economía: el "dinero". El último intento de explicar el dinero es la "Teoría Monetaria Moderna", que propone nuevas descripciones de la naturaleza del dinero con importantes implicaciones en la economía y la política. Sin embargo, esta visión, aunque más sofisticada que la visión tradicional de la teoría económica clásica, aún es incompleta. No es "coherente", ni está de acuerdo con otras áreas de la ciencia cuyas teorías están bien establecidas y probadas, como la termodinámica. Para desarrollar teorías económicas y sociales más consilientes, debemos comprender los principios naturales generales que están en la base de estos fenómenos. Este libro explora una comprensión más integral de las raíces de la dinámica social con un enfoque en la sinergia.

Un problema para comprender los fenómenos multidimensionales es su complejidad. Nuestro cerebro, incluso con la ayuda de computadoras avanzadas, tienen límites para comprender la red fina de interacciones no lineales que subyacen a los fenómenos que producen sinergia. Sabemos hoy que buscar soluciones analíticas para problemas económicos complejos es irracional. Por ejemplo, la cantidad de posibles interacciones económicas y de comportamiento entre los humanos en nuestro planeta es mayor que la cantidad de átomos en el universo. No se puede esperar una solución matemática finita con una formulación analítica detallada de estas interacciones. Sin embargo, la naturaleza nos ha mostrado la forma de manejar problemas aparentemente irracionales: inventó la evolución biológica.

La evolución biológica resolvió el problema de buscar soluciones prácticas en interacciones complejas de materia y energía entre organismos vivos. Como la posible combinación de procesos, variaciones y mutaciones aleatorias, y combinaciones de genes y organismos es inmensurablemente grande, no existe una solución racional basada en una ecuación analítica precisa a este problema. La evolución biológica resolvió esta dificultad creando un mecanismo que selecciona genes y organismos a través de las tasas de supervivencia diferencial de estos agentes: la selección natural. Al hacerlo, favorece los agentes y la combinación de agentes que mejoran la sinergia de las partes que interactúan. Es decir, la naturaleza no tiene un plan preconcebido para producir organismos mejor adaptados y más sofisticados; utiliza el azar y la selección natural para hacer este trabajo. La selección puede actuar directamente sobre el organismo, o indirectamente a través de la red de interacciones que le confiere ventajas o limitaciones. El mecanismo de selección indirecta se llama "aptitud inclusiva" y su extensión a la economía y otros fenómenos sociales humanos se llama "aptitud inclusiva extendida". El utilizar estos principios dinámicos ha permitido a la ciencia moderna construir modelos de simulación que imitan estas complejas interacciones naturales y las aplican a procesos económicos y sociales específicos.

El conocimiento que obtenemos de estas simulaciones incluye muchos fenómenos básicos. Sabemos ahora, que en todos los procesos evolutivos en entornos biológicos, culturales y físicos (como se usan en la inteligencia artificial), deben existir tres condiciones que los posibilitan: libertad, diversidad y tradición.

• Libertad significa que los agentes deben ser libres de interactuar con otros de muchas maneras diferentes. Las complejas interrelaciones existentes hacen que la acción de cada individuo afecta el bienestar de los demás. Ningún agente

es insignificante, aunque algunos podrían ser más influyentes que otros.

• Diversidad significa que ningún agente es idéntico a otros. Grandes variaciones existen, inclusive en los caracteres más insignificantes, y continuamente aparecen nuevas variaciones de forma aleatoria.

• Tradición significa que para que la selección natural produzca elementos cada vez más sinérgicos, debe haber una forma de aprendizaje cultural o biológico que permita la transmisión de información de una generación a otra, o de un agente a otro, como lo son la herencia genética o la cultura.

En estos procesos, la optimización de los agentes y sus interacciones depende de su ubicación, lo que lleva a la evolución producir una variedad de formas, cada una adaptada a las condiciones locales. Rara vez surge una solución única a problemas complejos, excepto en casos de homologías y analogías evolutivas.

Aquí exploramos un aspecto de esta dinámica evolutiva, la aparición de sinergias o interacciones que benefician a todas o la mayoría de las partes que interactúan. Como estas sinergias no se pueden predecir de antemano, solo los resultados empíricos permiten descubrirlas. El estudio de la sinergia, por lo tanto, es una nueva ciencia empírica, considerada como una extensión de la termodinámica.

Este es el tercer libro de una serie que desarrolla una cadena lógica de ideas. El primer libro: **¿Que es la Ciencia?: Una Visión Evolutiva Interdisciplinaria**, hace un análisis heurístico, concluyendo que la ciencia empírica es la única forma de acumular conocimiento de nuestro mundo que nos permite acercarnos a la realidad con mayor precisión. El segundo libro, **La Riqueza de las Naciones: Un análisis interdisciplinario de sistemas complejos**, explora métodos

empíricos para avanzar en nuestra comprensión de la economía en sociedades humanas. Este tercer libro de la serie amplía esta heurística a todo tipo de fenómenos sociales, incluida la económica, la política y la gestión empresarial.

Al leer este libro, omita las partes que no entiende o no le interesan. El mundo tiene múltiples ventanas y maneras de comprender la Sinergia, aquí presentamos una variedad de estas.

2. ¿Qué es la Sinergia?

2.1 Definiciones

Los diccionarios disponibles nos dan las siguientes definiciones para Sinergia:

> • La interacción de dos o más agentes o fuerzas para que su efecto combinado sea mayor que la suma de los efectos individuales. (El Diccionario Libre)
>
> • Un estado en el que dos o más cosas trabajan juntas de una manera particularmente fructífera que produce un efecto mayor que la suma de sus efectos individuales. Expresado también como "el todo es mayor que la suma de sus partes. (Diccionario Empresarial)
>
> • La interacción o cooperación de dos o más organizaciones, sustancias u otros agentes para producir un efecto combinado mayor que la suma de sus efectos separados. "La sinergia entre artista y compañía discográfica" (Oxford Dictionaries)
>
> • La creación de un todo que es mayor que la suma simple de sus partes. El término sinergia proviene de la palabra griega Ático συνεργία "sinergia" de synergos, συνεργός, que significa "trabajar juntos". (Wikipedia)

Estas definiciones describen la sinergia como un proceso que se reconoce por su resultado, pero no dicen nada sobre cómo lograrlo ni cuáles son las raíces de la sinergia. ¿Cómo puede algo ser más que la suma de sus partes? Si la sinergia se relaciona con los fenómenos en los que la salida de un sistema no se explica por la simple suma de la salida de cada

parte: ¿Cómo algunas interacciones logran producir sinergia y otras no?

Charles Scot Sherrington (nacido en 1857 en Islington; murió en 1952 en Eastbourne) fue uno de los primeros en usar el término sinergia en la literatura científica. Este fisiólogo neuro-muscular describió la acción integradora del sistema nervioso en 1916 utilizando el concepto de sinergia. El concepto se desarrolló aún más como un proceso universal que emerge de leyes universales. Recientemente son notables los aportes del físico teórico Hermann Haken (nacido en 1927 en Leipzig), el biólogo Peter Corning (nacido en 1935 en Pasadena) y Klaus Jaffe (nacido en 1951 en Caracas). La Figura 2.1 presenta datos de "Google Books Ngram Viewer" para la palabra "synergy", que abarca los años 1800 a 2000. Esto demuestra que el uso de la palabra sinergia es relativamente reciente, comenzando después del año 1900.

Figura 2.1
Frecuencia de la palabra "synergy" en los textos de Google Books para cada año desde 1800.
Fuente: “Google Books Ngram Viewer”

En sistemas con muchos componentes o partes constituyentes, las interacciones complejas no siempre se conservan aritméticamente. Hay otras posibilidades. Dos

fuerzas pueden sumar menos de lo que daría la suma de cada una cuando se mide por separado porque disipan energía cuando se unen. Las fuerzas podrían conservar perfectamente su energía y sumar aritméticamente sus energías cuando se unen. Las fuerzas también pueden interactuar liberando sinérgicamente más energía que lo que ambos representan cuando se miden por separado.

Esta relación se denomina no lineal en el sentido que la relación entre las variables, al representarlas en una gráfica, no sigue una línea recta. Una relación lineal, por ejemplo, es la de una suma o una multiplicación de dos variables. Con la transformación adecuada, se pueden representar en una gráfica bidimensional con una línea recta. Esto no se puede lograr con una relación no lineal. La forma matemática de expresar un resultado no lineal produce discontinuidades detectables en una gráfica.

Aquí exploramos la naturaleza de la sinergia y las raíces de la sinergia con el objetivo de utilizar este conocimiento en nuestra vida cotidiana, en nuestro negocio, en la economía, en la industria, en la ciencia, en la política o en cualquier lugar en el que estemos interesados en mejorar nuestro desempeño.

2.2 Las Raíces de la Sinergia.

De los innumerables ejemplos de sinergia analizados aquí, y otros de muchas áreas de la ciencia, podemos descubrir las raíces de la sinergia. Podemos reconocer los elementos comunes en todos esos ejemplos. Postulo que estos elementos son esenciales para la existencia de sinergia. En especial, el punto 7 puede considerarse como definitorio para la sinergia, ya que puede medirse empíricamente. Esta hipótesis se puede refutar mediante un contraejemplo fácilmente (ver Falsación de Karl Popper (nacido en Viena 1902, fallecido en Kenley, UK en 1994)): encuentre un caso de sinergia donde algunos de estos elementos están ausentes y la hipótesis tiene que ser rechazada. Mientras tanto, y después de años de buscar contraejemplos, aceptamos esta hipótesis como cierta.

Los elementos fundamentales o raíces de la sinergia son:

1. Sistemas Abiertos Estables
2. Cohesión
3. Diversidad y Homofilia
4. Complementariedad
5. Comunicación y Sincronía
6. Libertad y Auto-organización
7. Dinámica de entropía decreciente y energía libre creciente

1. Solo en un sistema abierto y estable, con algún tipo de borde membrana o límite poroso, o alguna fuerza o motivación que una sus partes, es posible que surja sinergia. En sistemas cerrados, se aplica la termodinámica clásica, y no es posible un aumento de la energía libre con un aumento simultáneo de la negentropía.

2. Un requisito para poder definir un sistema es que el sistema se pueda identificar y medir. Ello requiere la existencia de forma

o límite del sistema, o en el caso de sistemas sociales, características comunes entre los integrantes, o fuerzas que unen y le confieran cohesión a las partes.

3. A menudo existe diversidad o variedad de elementos o características de los componentes del sistema. La homofilia (atracción a otros con características similares) parece ser un elemento importante para manejar el exceso de diversidad.

4. Los diversos elementos componentes del sistema deben de poder ser complementarios. Elementos repelentes entre sí causan la disolución del sistema.

5. Debe de existir alguna forma de comunicación entre las partes y con el ambiente para poder sincronizar sus acciones y lograr complementariedad en su actuar. Esa comunicación puede ser directa o indirecta y puede tener un sinnúmero de formas. Por ejemplo, la ciencia mejora nuestra comunicación con la naturaleza.

6. Libertad significa aquí que el orden es el producto de una dinámica que comienza en la base y se expande a la parte superior de la jerarquía de complejidad. Comandos de “arriba” hacia “abajo” para coordinar la acción del individuo también funcionan de manera sinergista como en el “castigo altruista”. Cada parte del sistema tiene algún tipo de función o efecto sobre el sistema (ver Ubuntu)

7. El resultado de la formación del sistema es un proceso donde la entropía decrece y la energía libre aumenta. El accionar del sistema puede también ser sinérgico, poseyendo estas mismas características termodinámicas. La entropía y la energía libre son los elementos más propicios a ser evaluados de forma empírica y práctica para medir y evaluar el grado de sinergia alcanzado o producido (ver capítulo 6).

Figura 2. Ceremonia Ubuntu
La creencia en Sudáfrica de un vínculo universal que conecta a toda la humanidad: Fuente “Google Images”

2.3 Evolución de la Sinergia

Una vez que un sistema descubre un arreglo sinérgico, es probable que permanezca. Esto desencadena la evolución de la sinergia en el sistema, desde formas simples e ineficientes de organización hasta formas más complejas y más eficientes. Aquí daré ejemplos de estos procesos en economía y biología.

La sinergia no es la única fuerza de la naturaleza. Existe otra que dinamiza la evolución biológica: la competencia. La competencia persigue la sobrevivencia del más apto. Esta fuerza, en conjunto con la sinergia lograda a través de la

cooperación, impulsan la dinámica de la vida. Estos dos motores, Competencia y Cooperación, son esenciales en la mayoría de los procesos que afectan a los seres humanos y su sociedad. Aquí queremos entender el menos conocido de estos dos motores, la Cooperación, que depende de la sinergia para su existencia.

2.4 Sinergia y Economía

El cambio evolutivo en los sistemas económicos ha sido considerado como parte de la dinámica de la economía, a pesar que las teorías tradicionales consideran sólo los estados estacionarios en equilibrio. La termodinámica contemporánea de sistemas complejos, sin embargo, muestra que los estados de equilibrio en sistemas complejos no son probables. Las economías complejas son, por lo tanto, mejor descritas como sistemas adaptativos dinámicos evolutivos [2]. Cronológicamente hablando, se cree que el físico matemático Carl Neumann (nacido en 1832 en Koenigsberg y fallecido en 1925 en Leipzig) fue el primero en teorizar sobre la economía de manera termodinámica. Varios otros economistas usaron conceptos prestados de la termodinámica [3]. Mención especial damos al economista Nicholas Georgescu-Roegen (nacido en 1906 en Constanta, Rumania y fallecido en 1994 en Nashville) trabajo en construir una teoría económica sobre la termodinámica irreversible (es decir, la que no está en equilibrio) en su libro “La ley de la entropía y el proceso económico”.

Visto a través de nuestro lente de sinergia, la humanidad ha sufrido varias revoluciones económicas, cada una de ellas gracias a nuevos tipos de organizaciones que lograron sinergias que aumentan la productividad humana a nuevos niveles de prosperidad. Una fue la domesticación de plantas y animales que llevó a la adopción de la agricultura que permitió el establecimiento de aldeas y ciudades.

Esta revolución fue posible gracias a las sinergias

desatadas por la simbiosis planta-animal-humano que permitió superar las limitaciones de la caza y recolección nómadas y explotar los beneficios de la vida sedentaria. Otra serie de revoluciones económicas fueron provocadas por avances tecnológicos enraizados en una concepción novedosa de la ciencia [4]. La revolución industrial, la revolución de la información y las provocadas por los robots y la inteligencia artificial están arraigadas en las sinergias desatadas por tecnologías novedosas que podrían surgir gracias a nuestras inversiones en ciencia.

Esta visión de la evolución de la economía no es nueva, pero tampoco es la corriente principal. Comprender los detalles de los procesos de cómo surgen las sinergias entre el trabajo humano, las necesidades humanas, los mercados y la tecnología será fundamental para mantener economías prósperas que sustenten sociedades saludables en el futuro. Es hora de tomar tales estudios más seriamente.

La sinergia también puede ser negativa en la economía y en otros lugares. Un buen ejemplo es el esquema de la pirámide financiera que sinergiza la locura humana al explotar la adicción de nuestras mentes al pensamiento simple y frugal. Aquí, el sistema crece de forma no lineal con más y más participantes que pagan en un fondo, hasta que colapsa repentinamente al no poder pagar a los recién llegados. El pensamiento simple y frugal es a menudo eficiente, pero tiene su defecto que conduce a la adicción a los juegos, la charlatanería y el dogmatismo. La sinergia entre dogmatismo, resentimiento e ignorancia puede llevar a un crecimiento económico negativo.

Podemos disociar los fenómenos que producen riqueza de los que producen pobreza. La raíz de la pobreza no es la falta de riqueza. La pobreza tiene su origen en una ausencia de procesos sinérgicos que producen energía libre a nivel del individuo y la sociedad. Es esta energía útil la que permite la producción de bienes y servicios que fundamentan la riqueza

de los individuos y de la sociedad. La pobreza está enraizada en actitudes y circunstancias que bloquean la formación de relaciones sinérgicas evitando por tanto la acumulación de riquezas.

La necesidad de acumular bienes y el acaparamiento de recursos son instintos que compartimos con muchos animales. Estos instintos promueven el espíritu de negocio capitalista pero, también el robo, la corrupción y la guerra. Es el manejo sinérgico de estos instintos, junto con otros como el amor, la vergüenza y la responsabilidad, que conllevan a culturas económicamente exitosas, o alternativamente a sociedades incapaces de sobrepasar modelos primitivos de convivencia y producción. Conociendo y manejando los diversos factores que están en juego podremos liberar las sinergias potenciales y avanzar en economías cada vez más productivas e inclusivas.

2.5 Sinergia en Biología

Peter Corning escribe en 2005 [5] qué “son las recompensas asociadas con diversos efectos sinérgicos en un contexto dado lo que constituye la causa subyacente de las relaciones de cooperación - y la organización compleja - en la naturaleza. La sinergia producida por el "todo" proporciona los beneficios funcionales que pueden favorecer diferencialmente la supervivencia y la reproducción de las partes. Aunque parezca una lógica atrasada, la tesis es que la sinergia funcional es la causa subyacente de la cooperación y la organización, en los sistemas vivos, y no al revés. Así que, en realidad, es una teoría funcional y económica de la complejidad emergente en la evolución, y se aplica tanto a la evolución biológica como a la cultural / política".

Peter A. Corning y Eörs Szathmáry (este último nacido en 1959 en Budapest) en su artículo "Selección sinérgica: un marco darwiniano para la evolución de la complejidad” [6], aplican

esta definición de sinergia y proponen que los efectos sinérgicos de diversos tipos han desempeñado un importante papel causal en la evolución de la vida. Definen las transiciones mayores basados en la sinergia lograda en lograr ventajas funcionales, derivadas de diversos fenómenos cooperativos. Estas “Transiciones principales en la evolución" han sido descritas por John Maynard Smith (nacido en 1920 en Londres y fallecido en 2004 en Lewes, Reino Unido) y Eörs Szathmáry [7] como sigue:

1. El surgimiento de las primeras moléculas replicantes en "recintos" protectores y segregados que ahora reconocemos como células.

2. El origen de los cromosomas, que vinculan varias moléculas replicantes en relaciones de cooperación en lo que ahora se llama un genoma.

3. El origen del código genético para la síntesis de proteínas que vinculaba la autocatálisis basada en ARN que involucra el ADN y las proteínas.

4. El origen de los eucariotas y procariotas independientes y de vida libre.

5. El auge de la reproducción sexual.

6. La aparición de organismos multicelulares.

7. El origen de los grupos sociales que culminan en especies complejas, altamente integradas, dependientes de las comunicaciones y con una división social del trabajo, como las abejas y los humanos.

Cada una de estas transiciones involucró la cooperación de diferentes socios, cada uno especializado en un medio diferente para captar energía libre de la naturaleza. Esta cooperación logra sinergias que los hacen enormemente

exitosos, cambiando las probabilidades de adaptación evolutiva para favorecer su selección. Para estos autores, los procesos sinérgicos irreversibles definen el camino evolutivo de todos los organismos y estructuras vivientes.

El caso 5 de las transiciones fundamentales, la aparición de la reproducción sexual podría ser ilustrativo. El sexo es ubicuo entre los organismos vivos, especialmente entre los organismos multicelulares como las plantas y los animales. La aparición del sexo se considera una de las principales transiciones en la evolución, pero la biología teórica no ha conseguido explicaciones satisfactorias durante mucho tiempo. Nuestra comprensión de la evolución de la recombinación sexual es todavía muy parcial e incompleta. Se han usado varios conceptos importantes para explicar la ubicuidad del sexo y su éxito en la evolución biológica, pero ninguno pasó las pruebas experimentales de simulaciones por computadora. La proposición popular que sugiere que el sexo acelera la evolución para mantener a las especies un paso por delante de los parásitos, la llamada hipótesis de la Reina Roja [8], o que el sexo desaparecernos de mutaciones deletéreas, permitiendo que la selección proceda de manera más efectiva con el sexo que sin esto [9], no explica la aparición del sexo en simulaciones por ordenador. Los experimentos informáticos mostraron que la evolución del sexo puede explicarse mucho mejor asumiendo la existencia de sinergia entre los sexos [10]. Explorar estas sinergias abre un tesoro de ejemplos diversos de estrategias de cooperación. Los estudios de biólogos y sociólogos se han centrado más en el conflicto entre los sexos, olvidando la base sobre la que trabajan: la cooperación sinérgica.

3. Ciencia correctora del Ego

Para profundizar más eficientemente en la sinergética debemos comprender la relación entre conocimiento y sinergia. Esto requiere que recordemos algunos conocimientos científicos básicos. Intentaré hacerlo de la forma más sencilla e intuitiva posible.

El **ego** o el **yo**, es una entidad difusa, que incluye nuestro cuerpo, nuestra mente y nuestra futura trascendencia. Puede verse como un algoritmo, o conjunto de reglas, de nuestra mente activa, seleccionada a través de la evolución biológica, que es fundamental para nuestra supervivencia. Nuestro ego, sin embargo, nos lleva a veces a callejones sin salida. Thomas Hobbes (nacido en 1588 en Westport Wiltshire; murió en 1679 en Derbyshire, Reino Unido) escribió acerca de "un vano engreimiento de la propia sabiduría, que casi todos los hombres creen que tienen en mayor grado que el vulgo; es decir, que todos los hombres menos ellos mismos, y algunos otros, a quienes por fama o por concurrir con ellos mismos, lo aprueban". Y agrega que es solo una "habilidad especial de proceder sobre reglas generales e infalibles, llamada ciencia; que muy pocos tienen" que permite a los humanos superar esta desventaja. Hoy sabemos que la base de la efectividad de la ciencia es el reconocimiento de que nuestra mente está limitada. Para captar interacciones complejas necesitamos de la evidencia empírica como último árbitro en nuestra búsqueda del conocimiento. La ciencia moderna reconoce que la experimentación u observación empírica es el proceder más eficiente para superar las limitaciones de nuestra mente. Desde este punto de vista, la irracionalidad es el rechazo de la evidencia empírica como una herramienta para el avance del conocimiento. El objetivo de la ciencia no es encontrar la verdad absoluta, ocupación de la religión y de los dogmas, sino aumentar y mejorar el conocimiento de nosotros mismos y del mundo circundante. Este mundo circundante incluye fenómenos complejos y procesos donde emergen interacciones sinérgicas.

Aquí trataré de mantener las descripciones científicas lo más cerca posible al sentido común y a la intuición. Cuando esto no sea posible, daré prioridad a la ciencia. El lector que supere esta dificultad será recompensado con una comprensión más profunda de la sinergia y otros procesos relacionados. Sin embargo, la razón detrás de la sinergia se puede entender sin ser un científico. Hay muchas maneras de entender la sinergia. Si una explicación no se comprende fácilmente, otra podría. De este modo, los lectores pueden omitir las secciones de este libro que les sea incomprensible. Otras secciones pueden ser más fáciles de comprender y más cercanas a su experiencia personal.

El pensamiento racional ha evolucionado por adaptación. Esto ha llevado a nuestra mente a desarrollar formas de pensar rápidas y frugales. Rápido para reaccionar eficientemente ante peligros urgentes y frugal para gastar menos tiempo y energía en producirlos. Los problemas complejos a menudo no son tratables con un pensamiento rápido y frugal. Requieren un análisis más detallado y exploraciones más profundas. Ahí es cuando más se necesita la ciencia. Por lo tanto, la intuición por sí sola no nos ayudará a comprender problemas complejos.

3.1 Complejidad y Emergencia

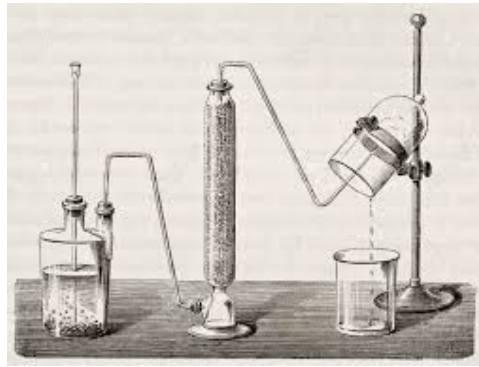


Figura 3.1
Equipos antiguos para lograr la síntesis química de moléculas de agua, a partir de átomos de hidrógeno y oxígeno-gas.
Fuente:imágenes de Google.

La sinergia es un fenómeno que solo es visible en sistemas complejos. Es decir, los matemáticos nunca dirán que 1 + 1 = 3 (ver excepciones en [11]). Pero tampoco intentarán sumar naranjas y piñas, o hidrógeno y oxígeno. Sin embargo, para los químicos que tratan con abstracciones más complejas, agregar diferentes elementos o compuestos juntos es una ocupación rutinaria. Los químicos sellan gas hidrógeno y oxígeno en un recipiente y transmiten altos flujos de energía a través de la mezcla que produce agua líquida. Al agregar elementos en la química, las reacciones químicas producen nuevos compuestos que tienen propiedades completamente diferentes a los elementos constitutivos aislados. Estos procesos no tienen una descripción matemática simple, pero se pueden analizar y describir con herramientas que ahora llamamos química, termodinámica y mecánica cuántica.

Un ejemplo es la reacción que involucra la formación de moléculas de hidrógeno a partir de átomos individuales que

comienzan a compartir los electrones representados en la ecuación:

$$H + H = H_2$$

O en una reacción nuclear, la fusión de dos átomos de hidrógeno para producir helio se describe en la ecuación:

$$H + H = He$$

Claramente, las representaciones simbólicas abstractas describen diferentes fenómenos donde el significado de los símbolos "+" y "=" difieren.

En la primera ecuación, “+” indica una simple adición de objetos o entidades idénticas y no pueden aparecer sinergias.

En el segundo ejemplo “+” simboliza la adición de diferentes elementos o sustancias en una reacción química. En este caso, la parte componente de la adición interactúa física y químicamente en una reacción química, organizándose ellos mismos, en este caso utilizando sus electrones, para formar una nueva sustancia.

La tercera ecuación representa una reacción nuclear con una enorme liberación de energía. Los núcleos de los dos átomos de hidrógeno se fusionan para formar un nuevo elemento: el Helio (He) que es más estable e inerte que los átomos de hidrógeno (H) que lo originaron.

3.2 Energía y Entropía

En términos coloquiales podemos decir que la energía es una fuerza de acción o entidad física que tiene capacidad para realizar trabajo. Esto es, el concepto de energía se define como la capacidad de hacer funcionar las cosas. En todo proceso,

esta energía la podemos subdividir en dos partes: aquella que realmente realiza el trabajo o Energía Libre ($\boldsymbol{\Phi}$) y otra que se disipa y se pierde para uso de trabajo futuro que la llamamos Entropía ($\dot{\boldsymbol{\varepsilon}}$). El opuesto de entropía, o entropía negativa ($-\dot{\boldsymbol{\varepsilon}}$) la llamamos Negentropía ($\boldsymbol{\eta}$). Esta negentropía, lo opuesto a disipación y desorden, representa orden e información.

Durante el inicio de la revolución científica, el ingeniero Sadi Carnot (nacido en 1796 en París y fallecido en París en 1832) elaboró una fórmula sobre la eficiencia con que los motores de vapor pueden convertir el calor en trabajo para empujar un pistón o girar una rueda. Ahora se sabe que el calor es un tipo aleatorio y difuso de energía y hay muchas maneras de convertirlo en un tipo ordenado de energía. Para sorpresa de Carnot, descubrió que la eficiencia de un motor perfecto depende solo de la diferencia de temperatura entre la fuente de calor del motor (típicamente la combustión de un material) y el ambiente donde disipa el calor (típicamente el aire exterior). El "Trabajo", según Carnot, es posible gracias al flujo de energía que pasa naturalmente a un cuerpo más frío desde uno más caliente. Su estudio teórico llevó al desarrolló a lo largo del siglo XIX de la teoría de la termodinámica: un conjunto de leyes universales que dictan la interacción entre la temperatura, el calor, el trabajo, la energía y la entropía. Las leyes de la termodinámica se aplican no solo a las máquinas de vapor, sino a todo proceso energético: al sol, los seres vivos y el universo entero. La termodinámica define dos formas de energía, una que es inútil en cuanto a producir trabajo (entropía) y otra llamada energía libre que produce trabajo útil. Los tipos de energía a que se refieren estas leyes pueden ser muy diferentes. Las leyes termodinámicas aplican a todos ellos, desde la energía nuclear que produce la atracción de los núcleos atómicos, la gravedad que atrae a los astros como el sol y los planetas, la electricidad que ilumina nuestras casas, el magnetismo que motoriza los teléfonos inteligentes. La termodinámica aplica a tipos de energía derivada, como la energía química, la bioquímica o la que emerge de operaciones financieras con recursos monetarios. La comprensión

termodinámica de estos fenómenos, sin embargo, todavía es muy rudimentaria e incompleta.

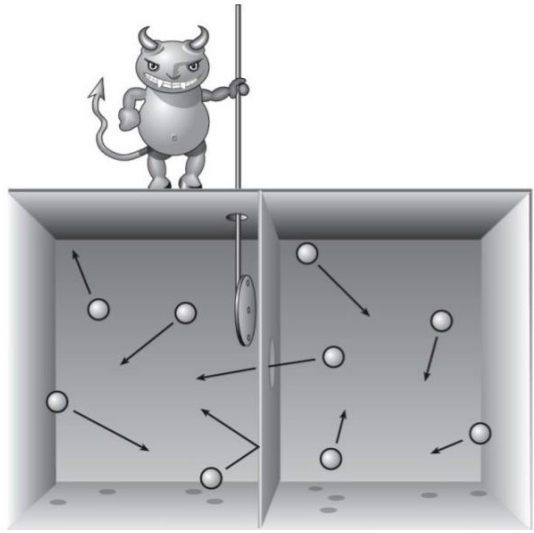


Figura 3.2a
Un demonio separa las moléculas de gas de movimiento rápido de las de movimiento lento, almacenándolas en diferentes compartimentos. Ilustración de Maxwell's Demon por Scientific American Blog Network

Una visión importante de la termodinámica moderna es la naturaleza de la información. El matemático James Clerk Maxwell (nacido en 1831 en Edimburgo; fallecido en 1879 en Cambridge, Reino Unido) describió un experimento mental en el que un ser iluminado, más tarde llamado demonio de Maxwell, usa su conocimiento para reducir la entropía y violar la segunda ley al producir un trabajo útil a partir de la energía disipada normalmente no-útil. En un recipiente de gas que contiene una nube de partículas que se mueven al azar, cada una con diferente velocidad o energía cinética, el demonio de Maxwell reconoce las posiciones y velocidades de cada molécula. Al estar dividido el contenedor, el demonio abre y cierra una

pequeña puerta entre las dos cámaras. Si el demonio solo permite que las moléculas que se mueven rápidamente entren en un lado, mientras que las moléculas lentas vayan hacia el otro lado, logra reducir la entropía del sistema aumentando su capacidad de realizar trabajo útil. Las acciones del demonio dividen el gas en caliente y frío, concentrando su energía y reduciendo su entropía general. El demonio de Maxwell revierte la tendencia natural del calor de fluir de las partes calientes a las frías de un cuerpo o un gas. El gas en el recipiente, una vez inútil para producir trabajo, ahora puede realizar trabajo útil al posibilitar un flujo de calor del recipiente más caliente al más frío.

Continuando con esta intuición de Maxwell, el físico Charles Bennett (nacido en 1943 en la ciudad de Nueva York), basado en el trabajo de Leo Szilard (nacido en 1898 en Budapest; murió en 1964 en La Jolla) y Rolf Landauer (nacido en 1927 en Stuttgart y fallecido en 1999 en Briarcliff, Nueva York), conectó la termodinámica a la joven ciencia de la información. Bennett argumentó que el conocimiento del demonio de Maxwell se almacena en su memoria y la memoria debe ser limpiada eventualmente lo que requiere trabajo. Esto es, no se puede crear energía útil (Energía Libre) sin trabajo. Por lo tanto, la entropía general del sistema gas-demonio descrito por Maxwell aumenta, satisfaciendo la segunda ley de la termodinámica. Con esta equivalencia fue posible desarrollar la teoría de información como una extrapolación de la termodinámica, reconociendo que información y energía son conceptos relacionados.

La energía, en sus múltiples formas, es un elemento que está presente en todas las interacciones complejas y que no se representa simbólicamente en las ecuaciones mencionadas anteriormente. Para comprender el funcionamiento de estos fenómenos complejos, debemos considerar la energía consumida y la energía liberada por estos procesos.

Al hacerlo, necesitamos reescribir las ecuaciones de la siguiente manera:

$$2\ H + O + \mathbf{\Delta} = H2O$$

y

$$H + H + \mathbf{\Delta_1} = He + \mathbf{\Delta_2}$$

donde **Δ** representa calor u otras formas de energía.

En el caso de la fusión nuclear de átomos de hidrógeno, necesitamos energía para inducir la fusión ($\mathbf{\Delta_1}$) y la reacción de fusión produce energía ($\mathbf{\Delta_2}$). Si la energía producida es mucho más grande que la consumida para desencadenar la reacción, podemos definir el proceso como sinérgico. Pero en el caso de la fusión de átomos de hidrógeno, la energía liberada se almacenaba antes como energía potencial en la estructura nuclear de los átomos de hidrógeno; de modo que la energía total (potencial + energía libre) antes y después de la reacción sea la misma. Este es un ejemplo que clarifica el hecho de que la sinergia no se puede producir en un sistema cerrado. Las leyes de la termodinámica clásica se aplican sólo a sistemas cerrados. En un sistema cerrado, la energía no se crea ni desaparece, se transforma en otros tipos de energía como calor y entropía. En sistemas abiertos, esta limitación no aplica.

La mejor ilustración de la diferencia entre sistemas cerrados y abiertos es la vida. Los organismos vivos deben consumir alimentos, agua y aire para crecer. Tan pronto como el organismo se aísla del ambiente y se convierte en un sistema cerrado, deja de consumir los elementos vitales y muere, alcanzando un equilibrio termodinámico.

Hay varios tipos diferentes de energía. Uno, definido en la década de 1870, por el matemático Josiah Willard Gibbs (nacido en 1839 en New Haven; murió en 1903 en New Haven) y el médico Herman von Helmholtz (nacido en 1821 en

Potsdam; murió en 1894 en Charlottenburg), se llama "Energía Libre". Esta es la energía disponible que se puede utilizar para realizar trabajo. Esta energía a menudo se puede almacenar en los núcleos de los átomos, o en los electrones que forman enlaces químicos que mantienen unidos los compuestos químicos y las moléculas, o como el agua almacenada en una presa en lo alto de las montañas, o en una diversidad de otras formas. Esta energía almacenada, que llamamos energía potencial, eventualmente puede recuperarse para realizar un trabajo útil. Otro tipo de energía es el calor que se distribuye de manera difusa en un cuerpo o un sistema. Este y otro tipos de energía ya no pueden utilizarse para producir trabajo. Esta energía se comporta más como un ruido y se parece intuitivamente a un desorden aleatorio. Se llama Entropía.

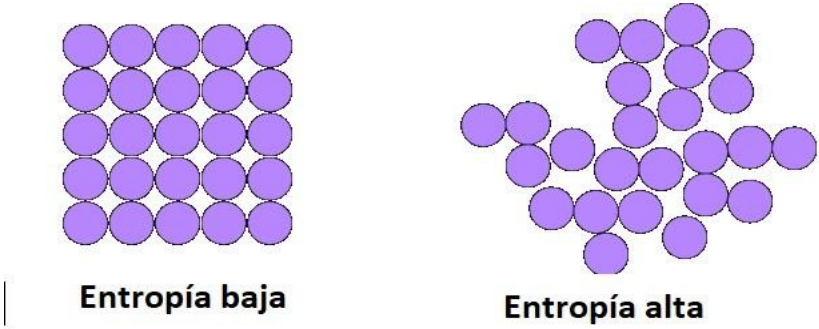


Figura 3.2b
Dos sistemas con niveles de entropía diferentes .
(dibujo del autor)
La entropía alta representa negentropía baja, y la entropía baja representa negentropía alta.

La naturaleza no solo nos proporciona energía almacenada, sino también flujos de energía. Una cascada disipa energía continuamente a medida que las moléculas de agua, atraídas por el campo gravitatorio de la Tierra caen por el

acantilado. Los incendios emiten energía en diversas formas a medida que se libera la energía de los enlaces químicos de los compuestos en combustión. Los organismos vivos queman la energía metabólica almacenada para mantenerse y permitir una diversidad de acciones. Estos procesos complejos ocurren en los llamados "sistemas abiertos" donde los sistemas no están completamente aislados de su entorno y es posible el intercambio de energía e información. En estos sistemas, la segunda ley de la termodinámica no se aplica, ya que el sistema puede absorber energía, materia o información del entorno y descargar calor y entropía al exterior del sistema evitando la acumulación de entropía en el interior. Por tanto la segunda ley de la termodinámica sólo se aplica a un sistema completamente cerrado.

Para comprender estos procesos, debemos racionalizar nuestra comprensión intuitiva de la relación entre sistemas abiertos y complejidad. Esto será mucho más fácil de lo que presagian las palabras y conceptos intimidantes arriba esbozados. Si logramos esta comprensión abriremos un maravilloso mundo nuevo.

3.3 Sistemas lejos del Equilibrio

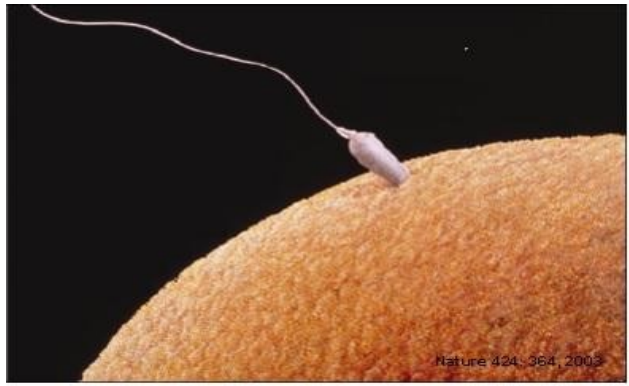


Figura 3.3
Fertilización en acción: un espermatozoide está penetrando un óvulo. Fuente: revista Nature

La mayoría de los sistemas importantes para nosotros son sistemas termodinámicos "abiertos", lejos del equilibrio químico o físico. Estos sistemas no están completamente aislado de su entorno existen flujos de materia y/o energía entre el sistema en referencia y el entorno. Esto permite que los procesos muestren propiedades no lineales o no aditivas. Por ejemplo, una célula en nuestro cuerpo, o un organismo vivo en un ecosistema, o una sociedad humana rodeada por otras sociedades, son sistemas que sufren cambios continuos. Estos sistemas tienen importantes intercambios de energía, nutrientes y otros elementos con el entorno circundante. Son sistemas abiertos lejos del equilibrio termodinámico. En la figura, mostramos un espermatozoide humano en el proceso de penetrar en un óvulo femenino durante la fertilización. Este proceso implica gastos de energía del espermatozoide, transferencia de materia entre el óvulo y el espermatozoide, interacción con el fluido circundante, entre otros procesos. Las matemáticas analíticas son bastante inútiles para describir este proceso. Escribir E + O = N simbolizando que un espermatozoide agregado a un óvulo produce un nuevo ser

vivo no es de gran ayuda para comprender lo que está sucediendo aquí. Los sistemas abiertos lejos del equilibrio termodinámico requieren nuevas herramientas para su análisis. Estas herramientas las está produciendo la ciencia de sistemas complejos de la termodinámica de procesos irreversibles.

Una característica importante de estos sistemas es que se involucran procesos irreversibles. Es decir, una vez que se rompe un huevo, no es posible reconstruirlo. Por lo tanto, las ecuaciones que usan "=" no pueden representar procesos irreversibles. Estos procesos son ubicuos. El agua que se derrama de un vaso, la pasta de dientes exprimida de su recipiente, la muerte de los organismos vivos, o el colapso de los imperios, son ejemplos de procesos irreversibles. Otros ejemplos son el crecimiento de las plantas y de los animales, la acumulación de riqueza de una empresa o una nación y el proceso de aprendizaje individual o de una sociedad.

En física, asociamos un aumento de la complejidad de la información con una disminución de la entropía. El negativo o lo contrario de la entropía es la entropía negativa y se le llama "negentropía". En el ejemplo de la producción de helio, la negentropía aumenta (la entropía disminuye), ya que los átomos de helio pueden considerarse más estructurados que los átomos de hidrógeno por separado. Erwin Schrödinger (nacido en 1887 en Viena y fallecido en 1961 en Viena), ganador del Premio Nobel de Física en 1933, en su libro "Qué es la vida", publicado por el Instituto de Estudios Avanzados de Dublín en el Trinity College, propone que la vida es un sistema que necesita comer un tipo de “orden” (negentropía) y energía libre para mantenerse vivo. Es decir, la vida es un proceso irreversible que ocurre en sistemas complejos abiertos con un flujo continuo de materia y energía libre entre el ambiente y el sistema vivo. En tales sistemas, como lo reconoció Ilia Prigogine (nacida en 1917 en Moscú y fallecida en 2003 en Bruselas), quien ganó el Premio Nobel de Química de 1977, no existen estados de equilibrio termodinámico. Pero existen estados parecidos que Prigogine llama Estados Estables. Estos

estados estables, una célula viva dentro de un organismo por ejemplo, muestran algunos fenómenos o propiedades predecibles que cambian poco en el tiempo. Estos fenómenos pueden ser el flujo de nutrientes del ambiente a la célula, el flujo de metabolitos entre células, o la secreción de productos descompuestos o tóxicos de la célula al exterior.

En la experiencia de la física y la termodinámica de Estados Estables en sistemas abiertos ahora sabemos que:

1. Muchos sistemas complejos extraen su energía del ambiente para mantener un estado estable creando un flujo de energía o de materia desde una fuente externa. Se han descrito innumerables formas de aprovechar flujos de energía. Por ejemplo, la fuente de energía en las centrales hidroeléctricas es el flujo de agua activado por la fuerza de gravedad de la tierra. La fuente de energía de las garrapatas parásitas es la sangre del huésped. El rosal extrae su energía directamente del sol, gracias a la capacidad fotosintética de sus hojas.

2. La sinergia se produce cuando dos entidades colaboran para aprovechar un flujo de energía o de información, capturando más energía de la que cualquiera podría haber logrado por sí sola. Las proteínas y varias biomoléculas cooperan sinérgicamente para transformar la energía de la luz en energía química en el proceso fotosintético que usa la hoja de rosal. Varios componentes mecánicos se complementan para permitir que el movimiento del agua se transforme en electricidad en los dinamos de una central hidroeléctrica. Varias características anatómicas de la garrapata le permiten succionar la sangre de sus hospederos, como los estiletes para penetrar la piel y dispositivos de bombeo, que sincroniza con comportamientos grabados en su sistema nervioso.

3. Los procesos sinérgicos no solo aumentan la energía libre disponible en el sistema, sino que también aumentan la negentropía (disminuyen la entropía) del sistema. Las especies de garrapatas, las centrales eléctricas y la planta de rosas más eficientes tienen arreglos más sofisticados para sus funciones específicas. Por ejemplo, las garrapatas y los mosquitos que chupan la sangre tienen un conjunto de receptores para detectar la sangre que lleva a los huéspedes que no poseen otros organismos. Las centrales eléctricas tienen sistemas mecánicos, hidráulicos específicamente diseñados y adaptados a cada tipo de central.

4. En los entornos sociales, cuanto más variados y diversos sean los individuos y cuanto mayor es el rango de herramientas para aprovechar la energía, menor será la interferencia entre ellos, mayor será la sinergia que puedan lograr. Entre las naciones, los países con el mayor consumo de electricidad por habitante tienen también la mayor producción de artículos académicos, las universidades con la mayor diversidad de formación académica, la mayor variedad de nacionalidades y razas entre sus ciudadanos y estudiantes, el suministro más diverso de consumibles y más Instituciones sofisticadas para gestionar los intereses privados y públicos. Esto es, la negentropía se relaciona con el éxito socio-económico de un país.

Es en los procesos irreversibles que involucran sistemas abiertos en o cerca de un estado estable, como los que caracterizan a los organismos vivos, los ecosistemas y la sociedad, que es más probable que se produzca una sinergia. A continuación se presentarán una serie de ejemplos para comprender de manera intuitiva cómo funcionan los procesos sinérgicos, pero antes debemos abordar otra dimensión fundamental de la realidad: el tiempo.

3.4 Horizontes de Tiempo

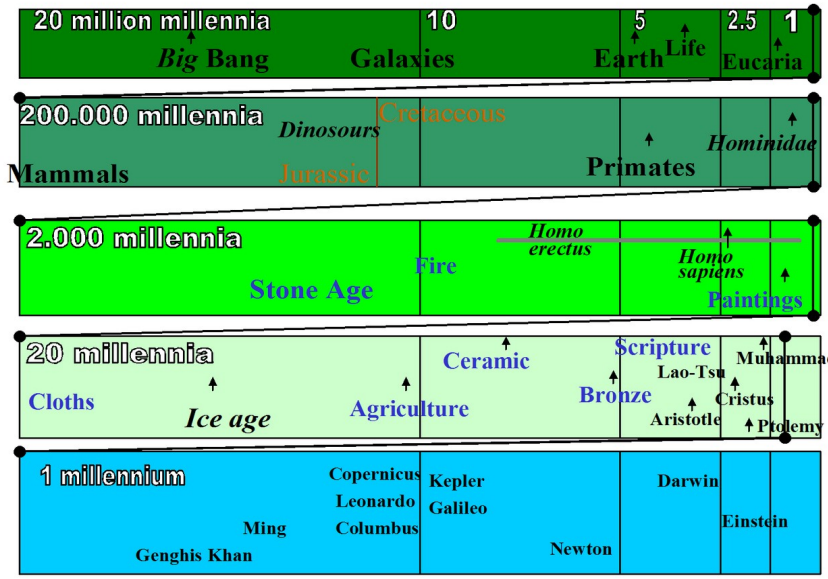


Figura 3.4
Nuestras ventanas del tiempo para mirar el mundo. Fuente: dibujo del autor.

Dependiendo del período de tiempo que escojamos para entender la historia, descubriremos diferentes leyes que rigen la dinámica temporal en ese período o ventana de tiempo escogido. Algunos ejemplos se dan en la figura. Es decir, observamos el surgimiento de un orden y complejidad física en la ventana de 20 millones de milenios, la evolución biológica en la ventana de 200 000 milenios y el ascenso de la humanidad (es decir, de Homo sapiens) en la ventana de 2000 milenios. Cada una de estas ventanas de tiempo son estudiadas por diferentes disciplinas científicas. Descendiendo desde la ventana superior a la quinta ventana en la parte inferior de la Figura 2.6 podemos enumerar Cosmología, Biología Evolutiva, Antropología, Arqueología e Historia como las disciplinas más relevantes para cada una de las ventanas de tiempo. Un hecho

interesante es que en cada una de esas ventanas de tiempo, ocurren procesos sinérgicos. Notable es la formación de estrellas y la aparición de galaxias en las ventanas de 20 millones de milenios; la aparición de primates en la evolución biológica de los mamíferos en las ventanas de 200.000 milenios; el surgimiento de la especie humana moderna en los últimos 2.000 milenios; el surgimiento de sociedades y culturas de conocimiento sofisticadas en los últimos 20 milenios; y el surgimiento de la ciencia moderna durante el último milenio.

Ciertos métodos de estudio o acciones pueden parecer racionales en un horizonte temporal e irracionales o inapropiados en un horizonte temporal diferente. Por ejemplo, la conducta adecuada para regular nuestra ingesta alimentaria varía según nuestro horizonte de tiempo: Puede parecer racional comer tanta comida como podamos en un solo día si no sabemos si tendremos acceso a la comida al día siguiente, pero esa misma conducta es irracional si sabemos que a largo plazo la comida es abundante y que nos volveremos obesos y moriremos temprano si comemos en exceso. Esto permite que ciertos procesos tengan efectos sinérgicos a largo plazo que no son visibles en ventanas de tiempo más cortas. Es el caso de actos altruistas. En un horizonte de tiempo corto, el altruismo puede parecer un sacrificio de un individuo para beneficiar a otro, pero visto en un horizonte de tiempo más largo, el altruismo podría describirse mejor como una inversión social que beneficia a ambos actores con alta probabilidad.

Pero incluso si se mira a través de la misma ventana de tiempo, se pueden vislumbrar diferentes perspectivas de los mismos fenómenos. La sinergia a menudo está relacionada con la emergencia, la auto-organización (organización espontánea de un sistema), inteligencia de las masas (*swarm intelligence*), la sincronía y otros fenómenos complejos. Algunos conceptos de fenómenos complejos no tienen nada que ver con la sinergia, como el “caos” y los “fractales”, aunque son muy interesantes por sí mismos.

4. Como la Naturaleza logra Sinergia

La sinergia está presente en muchos dominios, que van desde procesos físicos, reacciones químicas, fenómenos biológicos, ingeniería e interacciones sociales entre humanos y animales. Analicemos algunos ejemplos en detalle para comprender mejor la sinergia. Algunos ejemplos históricos importantes se complementan con descripciones de procesos sociales contemporáneos que dependen de una mejor comprensión de la sinergia para su mejora futura. Para entender el funcionamiento de la sinergia requerimos aclarar algunos conceptos.

4.1 Valor adaptativo de Libertad

Como proceso adaptativo entendemos la adecuación de toda característica anatómica, fisiológica o de comportamiento de un organismo, que ha sufrido la selección natural por milenios, favoreciendo la sobrevivencia y reproducción del organismos, de su descendencia y familiares y de los organismos con quienes coopera.

Definiciones de libertad:

- "*Facultad natural que tiene el hombre de actuar de una forma u otra, y de no actuar, por lo que es responsable de sus actos*" (RAE)

- El poder o derecho de actuar, hablar o pensar como uno quiera sin impedimento ni restricción (Oxford)

- "La libertad es la capacidad de actuar según la propia voluntad" (Wiki)

Ninguna de estas definiciones es independiente de nuestros sentimientos subjetivos. Tampoco lo es el "libre albedrío" promovido por Arthur Schopenhauer (nacido en Gdansk en 1788, fallecido en Frankfurt en 1860). Estas definiciones son incompatibles con lo que nos enseñan las neurociencias. Nuestra "voluntad" es producto de un proceso evolutivo adaptativo y está condicionada por nuestros genes, adaptados para optimizar las respuestas a nuestras necesidades de los últimos 4000 millones de años. Nuestras motivaciones y "voluntad" se forman y son producto de la interacción de los genes, el medio ambiente y la cultura. Es un fenómeno epigenético. Esto es, los genes regulan la formación de proteínas, que construyen células y sus organelos, que regulan los procesos fisiológicos, que forman la base de nuestras conductas.

Elementos de las conductas relacionadas con la búsqueda de libertad están codificadas en los genes. Una rata enjaulada sometida al ayuno, al abrir la puerta de la jaula, corre para escaparse y no se detendrá en el alimento que le coloquemos a la salida de la jaula. Una vaca, sin embargo, reaccionara diferente: prefiere pararse a comer en vez de correr hacia su libertad. En humanos observamos ambas conductas, nuestros comportamientos son mas complejos que los de la rata y la vaca. En un contexto ecológico y etológico, los genes asociados a nuestra necesidad de libertad o instinto de libertad a libertad favorecen la independencia de nuestras acciones que producen variaciones sobre la cual puede actuar la evolución. La variedad individual es el sustrato que requiere la selección natural para producir adaptaciones en la cadena epigenética que modula nuestros instintos y comportamientos. La libertad individual permite que exista esta variedad genética sobre la cual puede actuar la adaptación evolutiva.

No existe pues una libertad absoluta, y mas que intensidad de libertad hay grados de libertad. La libertad es un concepto relativo. Esto causa importantes confusiones y

malentendidos ya que la percepción de libertad varía según el ente que lo perciba. Aquí tres ejemplos de conflictos relacionados con el ejercicio relativo de las libertades:

Conflicto 1: Libertad en la selección de pareja o conflictos sexuales. Aquí, diferentes actores optimizan diferentes tipos de libertad. La libertad de la futura madre para elegir la pareja de sus hijos optimiza el rango social de la pareja y el acceso a recursos. El futuro padre podría estar interesado en producir muchos hijos que tengan un sistema inmune óptimo. Eso lo consigue el padre cruzando sus genes con otros muy diferentes. En términos biológicos, el amor optimiza la selección genética para mejores adaptaciones futuras. Las soluciones culturales a estos dilemas incluyen edad óptima para los matrimonios, educación sexual y múltiples normas de comportamientos. Al final, en el conflicto de intereses de padre y madre, se logran sinergias que favorecen a cada uno de los actores (ver sección 5.3).

Conflicto 2: La libertad de uso de los recursos naturales promueve los monopolios, reduciendo la eficiencia en el uso sostenible de los recursos a largo plazo. Al mismo tiempo, promueve la inversión, aumentando la eficiencia en el uso de los recursos a corto plazo. Las soluciones humanas a estas libertades en conflicto son las socialdemocracias, el capitalismo sostenible, la ética liberal y otros artilugios culturales (ver el Contrato Social).

Conflicto 3: No hay libertad sin ley, ni ley y orden que no limite la libertad. Los seres humanos resuelven este dilema mediante el autoritarismo y la imposición arbitraria de leyes, o con ingeniería social sofisticada que maximice la libertad individual. No parece haber un equilibrio estable a largo plazo por lo que se observan fenómenos históricos repetitivos.

Desde un punto de vista científico (especialmente en matemática, estadística, mecánica clásica, termodinámica y otras áreas de la ciencia), los “grados de libertad” son la

expresión cuantitativa de las libertades físicas. Esto se refiere al número de dimensiones (coordenadas independientes) necesarias para describir la posición temporal-espacial de una entidad. Si aceptamos que la naturaleza es multidimensional y tiene un orden múltiple podemos aplicar el concepto de libertad de la física a otras dimensiones. La realidad no es tan simple como nuestra mente la ve usando el algoritmo de rápido y frugal para analizarla. Al operacionalizar el concepto de libertad a una situación específica, aparecen múltiples formas posibilidades de verla. Además de las dimensiones físicas, existen grados de libertad en el espacio biológico, social, económico, emocional, ético, etc. Veamos algunos ejemplos:

• En la edad de piedra, ejercitábamos más libertad de acción en muchos aspectos, como lo añora Jean Jacques Rousseau (nacido Ginebra en 1712 y fallecido en Emenoville en 1778) con su personaje Emile, el hombre primitivo ingenuo y feliz. Hoy en día disfrutamos de novedosas libertades, desconocidas antaño por Emile, a pesar de la pérdida de algunas libertades imaginadas del pasado. Aunque ya no caminamos desnudos por el mundo, no defecamos en el primer lugar que nos provoque.

• Para viajar por el mundo tenemos que limitar temporalmente nuestra libertad de movimiento en un avión. Estamos confinados a un espacio proporcionalmente menor al mínimo legal permitido a las gallinas en una granja de huevos. Sin embargo el viajar amplía nuestros horizontes geográficos y nuestras experiencias.

• Para participar en un congreso y que escuchen nuestras ideas, tenemos que callar y escuchar a los demás.

• Para explorar el ciberespacio tenemos que aprender nuevos lenguajes que tienen nuevas dimensiones y utilizan nuevas habilidades de nuestro conocimiento.

• La propiedad privada es la base de la libertad. Las leyes que la protegen también limitan algunas formas de propiedad. Es el caso de Patentes, Control de Espacios Radioeléctricos, Registros, Reglas Mercantiles y Contratos de uso con o sin consentimiento del usuario. Estas leyes y reglas favorecen la aparición de monopolios que limitan nuestra capacidad de innovación y no siempre favorecen nuestra libertad.

• Las enfermedades contagiosas limitan nuestra libertad biológica y social. No vacunarse contra un agente patógeno en una pandemia limita la libertad a la vida de otros.

Estas dimensiones de la libertad están en el ámbito de lo que intuitivamente entendemos como parte del orden social. En este sentido, la evolución de la vida es un proceso irreversible. Las decisiones históricas o evolutivas reducen la libertad (aumentan la negentropía) pero aumentan la energía libre. (ver sección 4.2). Es decir, las ganancias en energía libre o trabajo útil sólo se logran reduciendo la entropía. La reducción de la entropía implica un aumento de la negentropía o de cierto tipo de orden o de información. En palabras coloquiales: más libertad en algún aspecto requiere más orden que limita parte de nuestra libertad en otro aspecto.

La consecuencia de ello es que las sociedades más avanzadas y sofisticadas requieren individuos más especializados, con menos libertad de acción. Esto lo verificamos en la evolución de sociedades de hormigas, roedores, humanos y otros organismos. En una sociedad de cazadores-recolectores, cada individuo actúa independiente de los demás. En una sociedad agrícola, los individuos restringen sus movimientos, se vuelven sedentarios y cooperan con otros para producir alimentos de forma más eficiente buscando sinergias en los trabajos de siembra, recolección, comercialización, ...

En una sociedad moderna, las sinergias en la interacción social son la base de la producción económica y obligan a una división del trabajo cada vez más fina, reduciendo alguna libertad de acción del individuo pero aumentando otra que amplía su potencial de vida y disfrute de la misma. Ejemplos de productos de este proceso evolutivo que incrementa los grados de libertad en nuevas dimensiones en la sociedad contemporánea son:

Mas y mejor ciencia
Mejor salud y longevidad
Mayor capacidad de movimiento
Mayor capacidad para acceder a la información
Más diversidad en productos de consumo
Más y mejores herramientas para explorar la naturaleza
Mejor manejo de las emociones
Más sensación de seguridad
Relaciones interpersonales más intensas

Esto es, la libertad implica la capacidad para realizar cambios, como lo explora Bejan en la Ley Constructal (ver sección 6.3), pero los cambios limitan algunas de nuestras libertades.

Esta forma de entender la libertad tiene consecuencias en la Economía Social ya que nos obliga a reconocer la Importancia de la Justicia Social en la Economía Liberal. El enfoque liberal tradicional que asigna el derecho a la propiedad como único garante de la libertad no es sostenible en términos absolutos. El liberalismo del siglo XXI deberá explorar posibles estrategias exitosas para mantener libertades individuales fundamentales en los diversos ámbitos de los intereses humanos al tiempo que avanzamos en nuestra capacidad para producir trabajo útil. Estas consideraciones son especialmente relevantes en la tecnología de la información, la globalización y la implementación digital de la democracia, que libera al individuo de influencias no deseadas. Por ejemplo, una limitación estructural de la dinámica social humana es que “los tontos y los fanáticos siempre están muy seguros de sí mismos,

mientras que las personas sabias están llenas de dudas". La libertad de acción individual en una democracia agrava este problema. Las posibles estrategias que puede desarrollar la sociedad futura para favorecer la libertad individual al tiempo que avanzamos en nuestra capacidad para producir más trabajo útil incluyen:

- Expandir las dimensiones de las posibilidades de acción
- Sistemas que empoderan al ciudadano (kleros.io)
- Libertad económica (criptomonedas)
- Libertad moral (tolerancia)
- Libertad de ideas (redes abiertas e información gratuita)
- Libertad de acción (fomento de novedades)
- Derecho a no ser manipulado (demarquía o lottocracia)
- Ingeniería Social (Estado mínimo con autoorganización máxima)

4.2 Energía Libre y Negentropía

Una cuarta ley de la termodinámica [12]

La relación entre la energía libre y la negentropía se puede visualizar mediante el ejemplo de una bala de cañón colocada sobre un montón de pólvora. La bola apenas se moverá unos metros cuando se queme la pólvora. Pero si la pólvora se coloca dentro de un cañón y la bala de cañón se coloca encima de la pólvora, la distancia recorrida y la velocidad de la bala serán muy grandes.

Figura 4.2:
Pólvora y el cañón

Este ejercicio descriptivo nos permite comprender la diferencia de Energía Libre Φ (alcance espacial y potencia cinética) de la bala de cañón en ambas situaciones. La diferencia de las condiciones borde u "orden" que regula la explosión y propulsión de la bala en ambas situaciones también es enorme. Este escalar de la es la Energía Libre Φ que cuantifica la cantidad de trabajo útil que se puede realizar; el otro escalar es el orden, la información o las condiciones de borde que están implícitas en el diseño del cañón al que llamaremos Negentropía η. Por lo tanto, una ley termodinámica que regule ambos escalares establece que los aumentos en la energía libre Φ solo se pueden lograr mediante aumentos en la negentropía η. Esta relación no es reversible ya que no cualquier aumento en negentropía lleva a un aumento de la energía libre [13]

Esta misma relación lógica se puede aplicar a la termodinámica de los sistemas sociales y a la de cualquier sistema complejo que esté abierto a los flujos de masa y energía del medio ambiente y no esté en equilibrio permanente. Por tanto, podemos proponer una ley que aplica a la

termodinámica irreversible.

En otras palabras, la sinergia surge de lazos de retroalimentación positiva recíproca sincronizada entre una red de actores diversos. Para que este proceso funcione, la información compatible de diferentes fuentes se coordina sincrónicamente con las acciones de los agentes intervinientes, lo que resulta en un aumento no lineal en el trabajo útil que el sistema puede manejar. Por el contrario, se produce ruido cuando se intercambia información incompatible.

En términos termodinámicos, esta sinergia se produce a partir de ganancias en la densidad de energía libre $\boldsymbol{\Phi}$ y de la densidad de información (neguentropía $\boldsymbol{\eta}$). Las ganancias en $\boldsymbol{\Phi}$ reflejan un aumento de la autonomía individual de los agentes, con una mayor emancipación del entorno, con aumentos de la productividad, la eficiencia, la capacidad de flexibilidad, la autorregulación y el autocontrol de la conducta a través de una división sincronizada del trabajo cada vez más especializado con un mayor potencial de producir trabajo útil. Se conocen múltiples ejemplos de sistemas complejos que proporcionan datos cuantitativos que reflejan esta cuarta ley de la termodinámica. Por ello se propone como una ley de la termodinámica irreversible, que establece que para que ocurra la sinergia, los aumentos en $\boldsymbol{\Phi}$ requieren aumentos en $\boldsymbol{\eta}$. Eso es $\Delta\boldsymbol{\Phi} = \mathbf{k}i.\ \Delta\boldsymbol{\eta}$; donde **k** es una constante dependiente de las condiciones i. Esta ley sólo se aplica a los sistemas abiertos, ya que en los sistemas cerrados la primera ley de la termodinámica del equilibrio establece que $\boldsymbol{\Phi} - \boldsymbol{\eta} = \mathbf{k}$. Cuantitativamente, $\boldsymbol{\Phi}$ puede medirse como trabajo, energía libre o energía potencial; mientras que $\boldsymbol{\eta}$ se mide como entropía y/o información.

Entropía e Información

La relación entre negentropía e información no es fluida. Ambos conceptos se relacionan ya que reflejan aspectos similares de la naturaleza, pero no son idénticos. Dependiendo del lenguaje utilizado para transmitir la información, a veces la negentropía no es proporcional a la información. Por lo tanto, las definiciones, el contexto y los conceptos utilizados para describir la negentropía deben especificarse antes de hacer extrapolaciones a conceptos como “orden” o “información”. Por ejemplo, la negentropía en cristales con orden redundante (Diamante) no es comparable a la de cristales con orden no redundante (ADN, ARN, Proteínas, ...). Lo mismo ocurre con la información incluida en una secuencia aleatoria de palabras frente a la de una secuencia ordenada de palabras. El concepto de información redundante [14] ayuda a refinar las descripciones que relacionan información con negentropía. Esto nos permite comparar la información subyacente en un plan corporal morfológico con la de las instrucciones en un programa informático. En teoría de la información, la redundancia mide la diferencia fraccionaria entre la entropía de un conjunto y su valor máximo posible. Por supuesto, hay formas más sencillas de estimarlo, ya que intuitivamente se refiere a repeticiones.

Otra dificultad para cuantificar la información utilizando la negentropía es la dinámica entre la información implícita en las condiciones de contorno y la energía libre. Los cambios en esta información junto con los cambios en la energía libre son paralelos a los cambios en la negentropía, pero no son idénticos. La información en los libros, los objetos, el ADN, las redes y la memoria individual y social se codifican de manera diferente con posibles relaciones diferentes entre la negentropía

y la información. Fundamentalmente, el medio ambiente es una condición de frontera (información) que determina las posibilidades de acción [15]. La capacidad de producir trabajo requiere, además de las formas clásicas de información, una interacción adaptativa con el entorno. Estos aspectos de la física están en pleno desarrollo.

Una solución a estas limitaciones en nuestro conocimiento de la física es aprender de la biología, donde la información se puede inferir del potencial adaptativo del sistema. La vida utiliza la información para adaptarse a las condiciones de los límites mediante la selección natural y el almacenamiento de experiencias, modificando las condiciones de contorno para aumentar las sinergias del sistema, aumentando la capacidad de trabajo. Es decir, un organismo que es capaz de sobrevivir en entornos más diversos y complejos maneja más y mejor información. Por lo tanto, hasta que logremos una mejor comprensión entre la información y la entropía, tendremos que conformarnos con el nebuloso concepto de negentropía y asegurarnos de usar el mismo tipo de negentropía al comparar diferentes aspectos de un sistema complejo.

4.3 Orden Múltiple de Complejidad

Como se discutió al analizar el valor adaptativo de libertad, la realidad tiene muchas dimensiones. Al analizar sistemas abiertos, tenemos que considerar que pueden estar abiertos en algunas dimensiones y cerrados en otras. Pueden ser disipativos en términos de energía, por ejemplo, pero estar en equilibrio en términos de masa o información. Muchos sistemas pueden estar abiertos solo en ciertos puntos en el

tiempo y el espacio y en completo equilibrio en otros. Por ejemplo, un huevo, un grano de polen o una semilla, pueden estar completamente inactivos durante días, años o siglos y volverse activos y comenzar a crecer hasta convertirse en un organismo complejo cuando reciben ciertas señales desencadenantes del medio ambiente.

Esta naturaleza multidimensional de la realidad también ocurre en los niveles de selección natural. La selección natural que impulsa la evolución biológica actúa a nivel de genes, genomas, células, individuos, familias (selección de parentesco), grupos cerrados (familia expandida y simbiosis), grupos abiertos (culturas y religiones, por ejemplo), grupos difusos (homofilia o distribución), razas, especies, ecosistemas, planetas y otras entidades aún no definidas. Para comprender el equilibrio entre la energía libre y la negentropía, debemos asegurarnos de definir el nivel correcto, el universo de información equivalente y la ventana de tiempo específica del fenómeno en estudio.

La sugerencia de que un delicado equilibrio impulsa la evolución de la energía libre y la sinergia se ha denominado vivir al borde del caos ("The Edge of Chaos" acuñado en 1988 por Norman Packard, nacido en Montana 1954). Por ejemplo, en política, caminar al borde del caos implicaría evitar puntos de vista socialistas extremos y puntos de vista individualistas extremos, reconociendo que el conflicto entre el grupo y el individuo no es un problema sino una fuerza impulsora. Otro ejemplo es dirigir un barco, las maniobras continuas de mover el timón a la izquierda y a derecha mantienen al barco en curso. En innovación, el equilibrio en el borde del caos implica lograr cambios continuos para mejorar las posibilidades de éxito, sin aumentar la aleatoriedad de las acciones (ruido) que disipan energía.

En ecosistemas de agentes, organismos, instituciones, organizaciones, empresas, redes y sociedades, la selección

multinivel es ubicua. Los fenómenos y la dinámica de sistemas en estos entornos complejos sólo pueden entenderse con una visión amplia con enfoque interdisciplinario, en un marco temporal de largo plazo, de manera que se aprecie el funcionamiento de la destrucción creativa y la creación sinérgica en agentes, empresas y otras entidades.

La naturaleza nos enseña cómo lograr la sinergia. Esto es especialmente revelador cuando se compara la dinámica biológica de supervivencia, cooperación, selección parentesco, selección de grupo, sinergia con la dinámica económica de especialización, división del trabajo, agrupación, formación de empresas, toma de decisiones democráticas. [16]

4.4 Sincronización Temporal

Como se muestra en los ejemplos 3.1 y 3.2, la sincronía hace posibles acciones de cooperación en el tiempo y el espacio, permitiendo una coordinación que de otra manera sería imposible. Esto es posible gracias a comunicaciones recíprocas entre los entes participantes, que permite la ejecución oportuna de las dieras acciones requeridas. La coordinación sincrónica logra por tanto un trabajo útil, mientras que en su ausencia las interacciones no serían económicamente sostenibles. Esta es la raíz del enorme éxito de la aplicación de llamadas de taxis de “Uber”, que opera una red mundial de transporte desde San Francisco. El software se ejecuta desde la nube y produce sinergia al sincronizar las necesidades del pasajero y el conductor, coordinando sin problemas el tiempo y el espacio del conductor del taxi y el posible pasajero al principio y al final del viaje. Esta sincronización produce un flujo continuo de pasajeros para el conductor y una prestación de servicio barata, rápida y conveniente para el pasajero. El sistema funciona porque el pasajero informa al sistema sobre su ubicación en el momento en que solicita un automóvil. Al mismo tiempo, los conductores informan al sistema sobre su ubicación y disponibilidad para

aceptar pasajeros. Con esta información, los sistemas identifican a los conductores más cercanos para cualquier solicitud de pasajero. Esto se puede hacer incluso para los conductores que están terminando, o que están por terminar un viaje. El resultado de esta sincronización de la información es un aumento de la eficiencia general[17] con un menor tiempo de espera para los pasajeros y para los conductores, lo que reduce los costos en tiempo y dinero, y aumenta la seguridad para ambos. Una notable sinergia! [18]

Un ejemplo no antropocéntrico se puede encontrar entre los insectos sociales. Las hormigas se comunican entre ellas cuando recolectan alimentos, sincronizando y coordinando sus esfuerzos para, por ejemplo, arrastrar una cucaracha a su nido. Utilizan comunicación química, al producir sustancias olorosas que segregan sobre el suelo y que orientan a las compañeras al alimento y de regreso al nido. Sin embargo, estos olores se evaporan y eventualmente desaparecen, lo que requiere nuevas deposiciones de olores provenientes del reclutamiento de hormigas exploradoras. El efecto general es un reclutamiento sincronizado en el tiempo luego de descubrir un nuevo alimento. Así, una gran cantidad de trabajadores se moviliza hacia una fuente de alimento que sería imposible de transportar por una o unas pocas hormigas.

El proceso de reclutamiento comienza cuando una hormiga exploradora encuentra una nueva fuente de alimento que es demasiado grande para que ella la recupere sola. Ella regresa al nido, segregando una sustancia de su parte trasera que produce un rastro de olor de corta duración que va desde la fuente de alimento hasta el nido. Una vez en el nido, el olor excita y atrae a muchos compañeros de nido que seguirán el rastro de olor hasta el alimento recién encontrado. Una vez allí, recolectan comida, y muchos, en su camino de regreso, segregan olores frescos sobre la trilla. Por lo tanto, mientras haya alimentos disponibles, el rastro de olor será reforzado. Este proceso de reclutamiento cooperativo pone a disposición de la colonia de hormigas una gama de alimentos mucho más

amplia que recolectan en tiempos más cortos que lo que de otra manera sería posible [19].

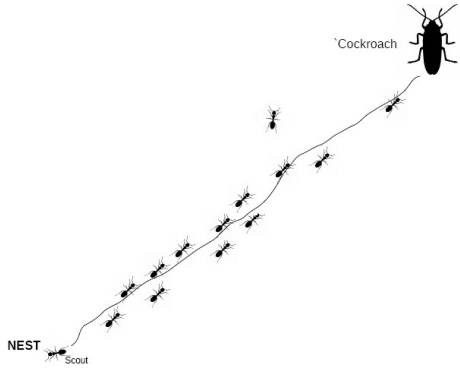


Figura 4.4
Masa química de reclutamiento en hormigas.
Fuente: dibujo del autor.

En ambos casos, la sincronización logra una mejora muy grande de la eficiencia de una actividad específica. La tarea de sincronización requiere la administración de una información más rica (más negentropía) y produce una mayor producción de mano de obra (más energía libre), lo que la califica como un proceso sinérgico. A esta interacción sinérgica entre los individuos, la sociedad y los elementos en el entorno se le llama estigmergia. La aparición de dinámicas ordenadas a partir de la interacción de muchos individuos se denomina auto-organización.

4.5 Complementariedad

La membrana

A veces, la sinergia se logra filtrando el ruido, bloqueando la energía excesiva, o las substancias tóxicas, o defendiendo un organismo contra los microbios que le pueden matar o dañar. Para ello se requieren filtros. Consideremos un filtro ensamblado con diferentes bloques de construcción. En la Figura 4.5 se muestran dos ejemplos de filtros que usan dos tipos de bloques de construcción diferentes.

La figura muestra como dos formas geométricas diferentes, al combinarse, producen diferentes resultados con respecto a la eficiencia en copar el espacio. Si la eficiencia en se evalúa como la cantidad de área que queda sin bloquear (área azul en la figura), es solo la combinación de formas en el ejemplo en la parte inferior de la Figura 4.5 que llena todo el espacio, mientras que en la combinación en la parte superior de la figura se reduce espacio por copar pero no lo llena completamente. Es decir, diferentes formas interactúan con diferentes eficiencias en este ejemplo con respecto a la cobertura del espacio. Al llenar completamente el espacio, bloqueando toda posibilidad de paso de elementos a través de la membrana filtro, cambia la complejidad del sistema, produciendo un nuevo sistema que es cualitativamente diferente del primero.

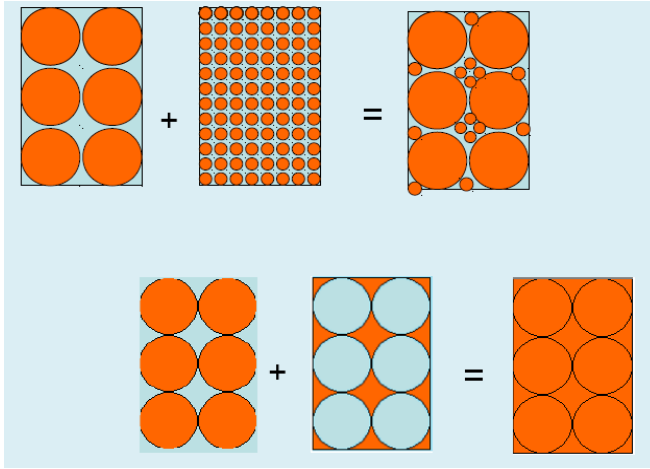


Figura 4.5
Construyendo una membrana o filtro. Fuente: dibujo del autor.

El fenómenos que permiten un filtrado o bloqueo eficiente en este ejemplo se denomina complementariedad. Aquí, las propiedades aditivas producen fenómenos emergentes que cambian el sistema cualitativamente. En este contexto, la interacción de fuerzas complementarias podría producir sinergia. En el ejemplo, la sinergia parece ser negativa, ya que reduce la complejidad del sistema. Sin embargo, células, organismos, fábricas, países y sistemas abiertos estables en general no pueden existir sin membranas, bordes o fronteras que los protejan. En el caso de ecosistemas, los accidentes geográficos que permiten la entrada o salida de una fuente de agua, al interrumpir las entradas, se convierten en un tapón, cambiando la dinámica del flujo de agua y convirtiendo por ejemplo la tierra húmeda en un espacio seco, un pantano en tierra agrícola, o un lago en una llanura. En este caso, el efecto sinérgico que podría ser negativo en relación con el flujo de agua puede tener efectos positivos en relación con el uso de la tierra.

Este ejemplo muestra que la sinergia tiene un aspecto relativo, que forma parte de nuestra comprensión de los sistemas abiertos complejos que se rigen por las leyes de la termodinámica lejos del equilibrio. Un sistema puede disminuir su entropía aumentando la entropía de su entorno. Aquí nuevamente, el deceso en la entropía o el aumento del orden depende de la definición del sistema abierto y de dónde establecemos las fronteras.

Esta relatividad en definir los sistemas que revelan sinergia favorece a la charlatanería. Siempre se puede modificar el sistema para ajustarse a las predicciones de la teoría. Sin embargo, los sistemas abiertos son entidades reales y son fáciles de definir intuitivamente. Todos los organismos vivos son sistemas abiertos y también lo son los planetas, las estrellas y las galaxias. Los lagos y los bosques son sistemas abiertos y, a pesar de sus fronteras difusas, los reconocemos como tales. La intuición nos lleva a donde falta el conocimiento racional, pero no siempre es tan evidente. ¿A quién incluimos al definir una sociedad? ¿A un grupo? ¿A una cultura? Para ello las soluciones empíricas prácticas son las mejores. Un sistema que no se puede cuantificar y medir es inútil para fines científicos y de ingeniería. Estos sistemas pueden dejarse como forraje para los charlatanes.

El nido de avispas

Un ejemplo simple e importante de complementariedad se puede encontrar en la inversión que hacen las madres avispas. En muchas especies de avispas, las hembras ponen huevos en nidos especialmente construidos para ello. Allí las crías nacen como larvas y son alimentadas por la madre hasta que las larvas se metamorfosean en una avispa adulta. Durante el tiempo como larva, las madres deben permanecer en el nido para proteger a la cría y defenderla contra los depredadores (otras avispas, hormigas, mamíferos, arañas, reptiles, ...), y al

mismo tiempo buscar alimento (insectos) para alimentar a las larvas. Ambas actividades son incompatibles. Como la probabilidad de que una avispa sin protección crezca con éxito hasta su edad adulta es prácticamente nula. Sin embargo, si dos o más madre avispas cooperan en alimentar y cuidar a la cría, pueden complementar sus actividades de forma que mientras unas forrajean, la otras cuida del nido. Esta cooperación produce un efecto sinérgico. La probabilidad de supervivencia de la descendencia pasa de casi ninguna a algo cerca del 100%.

Una situación similar ha sido reportada entre los humanos. Las tasas de supervivencia de los fetos y de los niños aumentan cuando la madre se beneficia de la cooperación de sus familiares, cónyuge, y sociedad.

Innovación y equilibrio

Las culturas innovadoras "deben ser contrarrestadas por algunos comportamientos más duros y francamente menos divertidos. Una tolerancia al fracaso requiere una intolerancia a la incompetencia. La disposición a experimentar requiere una disciplina rigurosa. La seguridad psicológica requiere consuelo con franqueza brutal. La colaboración debe equilibrarse con la responsabilidad individual. Y la organización horizontal requiere un fuerte liderazgo. Las culturas innovadoras son paradójicas. A menos que las tensiones creadas por esta paradoja sean manejadas cuidadosamente, los intentos de crear una cultura innovadora fracasarán" [20]. Esta visión muy pertinente de Gary P. Pisano (nacido en 1961) es un reflejo de cómo se logra la sinergia en las empresas innovadoras.

En términos generales, la complementariedad puede funcionar como un mecanismo de equilibrio que logra el equilibrio al borde del caos. El término **borde del caos** se ha propuesto como un espacio de transición entre el orden y el desorden que, según la hipótesis, existe dentro de una amplia

variedad de sistemas. Esta zona de transición es una región de inestabilidad limitada que genera una interacción dinámica constante entre el orden y el desorden [21]. Su naturaleza precisa es difícil de comprender, ya que se relaciona con áreas de conocimiento que todavía estamos descubriendo y expandiendo.

4.6 Simbiosis Biológicas

Los ejemplos más famosos de sinergia a través de la complementariedad se encuentran en la naturaleza. El término simbiosis es generalmente utilizado por los biólogos para denotar la convivencia de organismos diferentes para su beneficio mutuo. Aquí mencionaré sólo algunos. Muchos ejemplos más han sido publicados por P.A. Corning [22]. Recomiendo encarecidamente su lectura.

Liquen

Figura 4.6a
Liquen que crece en las rocas. Fuente: Google Images

Los líquenes son el producto de una simbiosis mutualista, formando aproximadamente 20,000 especies

diferentes de asociaciones entre unos 300 géneros de hongos y varias especies de cianobacterias o algas verdes. El liquen tiene características diferentes a las de sus organismos componentes. Las propiedades de un liquen son similares a las plantas, pero los líquenes no son plantas. En esta asociación, la parte fúngica ayuda a capturar nutrientes, mientras que el alga captura la energía de la luz a través de la fotosíntesis. Aunque aparentemente muchos de los organismos que forman un liquen pueden vivir independientemente, en combinación con su socio mutualista disfrutan de ventajas funcionales significativas. Son los organismos que pueden adaptarse a los entornos más extremos, desde la Antártida hasta los trópicos y desde el nivel del mar hasta los glaciares y desiertos de las montañas.

Agricultura

Figura 4.6b
Extensas plantaciones de semillas oleaginosas en China.
Fuente: Google Images

Las hormigas “agrícolas” criadoras de hongos recolectan hojas recién cortadas y las llevan a su nido para alimentar cultivos de hongos especialmente domesticados por ellas, de las que se alimentan ellas y sus larvas. Han desarrollado

procedimientos mecánicos y químicos especiales para mantener los cultivos saludables y bloquear las infecciones del hongo por otros organismos. Proporcionan la temperatura y la humedad ideales para un crecimiento óptimo de sus cultivos de hongos. Estos hongos no pueden vivir sin sus anfitriones de hormigas. Las hormigas no pueden vivir sin sus cultivos de hongos. Estos descomponen los insecticidas y tóxicos que almacenan las plantas en sus hojas para defenderse de los herbívoros. Es una verdadera simbiosis.

También los seres humanos han domesticado una gama de plantas y animales. En ese proceso, estas plantas y animales se han vuelto tan dependientes de sus huéspedes humanos que la mayoría de ellos ahora no pueden prosperar en la naturaleza sin la ayuda de su huésped. Los humanos, por otro lado, se han vuelto tan dependientes de sus plantas y animales domésticos que una humanidad contemporánea basada en recolectar y cazar plantas y animales salvajes es completamente imposible. Ambas partes de la simbiosis se están beneficiando tanto de esta asociación, que ninguna puede vivir sin la otra. La agricultura y la ganadería constituyen una relación verdaderamente sinérgica.

Microbioma

Figura 4.6c
Cultura bacteriana: Fuente: Google Images

Muchos microorganismos se encuentran asociados con humanos, tanto sanos como enfermos. Cada año se presentarán nuevas evidencias de la importancia en nuestro organismo sano de los microorganismos para nuestra nutrición y salud. Sabemos que el microbioma determina nuestros riesgos para la obesidad y las enfermedades. Varios autores incluso afirman que la cantidad de células bacterianas en nuestro cuerpo coincide e incluso supera la de nuestras propias células. Claramente, los humanos y la mayoría de los animales no pueden sobrevivir sin sus microorganismos simbióticos. El término genérico de uso común de “bacterias” debe sustituirse por microbioma, ya que este último se refiere a todo el conjunto de microorganismos incluyendo bacterias, arqueas, levaduras y eucariotas unicelulares, así como a parásitos y virus helmintos. Algunos hallazgos sorprendentes sobre el microbioma humano incluyen:

- Los microbiomas contribuyen con más genes responsables de la supervivencia humana que los genes propios de los humanos. Se estima que los genes de codificación de proteínas bacterianas son 360 veces más abundantes que los genes humanos.

- Actividades metabólicas microbianas; por ejemplo, digestión de grasas; Son proporcionados por varias especies bacterianas.

- Los componentes del microbioma humano cambian con el tiempo, afectados por un estado de enfermedad y medicación del paciente. Sin embargo, el microbioma finalmente regresa a un estado de equilibrio, aunque la composición de los tipos bacterianos ha cambiado.

Todavía queda mucho por descubrir sobre las simbiosis en el microbioma humano.

5. Sinergia Social

5.1 Definiciones

La sinergia en las sociedades humanas, en la política, en las organizaciones y entre las relaciones humanas, es omnipresente. Muchos políticos, partidos y agrupaciones exitosas promueven una retroalimentación con los votantes, que les permiten aumentar su popularidad y ganar elecciones independientemente de su capacidad para resolver los problemas que promete resolver. Pero también las políticas sostenibles pueden lograr resultados beneficiosos tanto para los usuarios como para los proveedores de servicios públicos. Los individuos sometidos a la pobreza y al estrés nutricional se benefician de las redes que los hacen menos vulnerables y más resistentes. Las sociedades tecnológicas gestionan con éxito el conocimiento, la confianza, la riqueza y los recursos humanos para lograr un crecimiento económico sostenido. En estos y otros escenarios, las dinámicas que logran sinergias son sumamente ventajosas.

Muchos filósofos sociales en el pasado y el presente han afirmado, de una forma u otra, que el valor agregado de la sociedad es mucho mayor que la suma total de los valores de los individuos. De una forma u otra, han propuesto relaciones específicas entre individuos sobre las que se basa todo el sistema. Hoy parece haber un consenso en que la cooperación entre individuos es la relación más importante para crear valor social. Esta cooperación, fomentada por la confianza, es la raíz del Contrato Social o el acuerdo voluntario entre individuos mediante el cual se crea la sociedad organizada. Ello permite invertir tiempo y recursos, a sabiendas que estarán protegidos, fomentando el bienestar mutuo y consolidando las relaciones entre sus miembros. Esa relación se retroalimenta, produciendo sinergias sociales, que logra desarrollar sociedades prósperas y armónicas. Esta forma de razonar ha sido promovida por muchos filósofos, entre ellos Thomas Hobbes (nacido en 1588

en Westport; murió en 1679 en Derbyshire), John Locke (nacido en 1632 en Wrington; fallecido en 1704 en High Laver, Reino Unido) y Jean Jacques Rousseau (nacido en 1712). en Ginebra; fallecido en 1778 en Ermenonville, Francia). A lo largo de los años se han realizado muchas propuestas específicas y detalladas que explican cómo esta cooperación produce valor social. Algunos ejemplos son:

• El **altruismo** es propuesto por algunos pensadores y muchas religiones como fundamental para la salud de la sociedad. La razón fundamental de este pensamiento es que el valor de un regalo supera el costo para el donante. Por ejemplo, una vieja manta de repuesto que podría ocupar un espacio valioso en una casa, si se dona a una persona sin hogar en la calle, tendrá mucho más valor para esa persona que para el donante. De esta manera, las donaciones caritativas aumentan el bien general de la sociedad. Pero el altruismo también puede conllevar a sacrificios por parte del donante. En este caso, el altruismo reduce las posibilidades de supervivencia del altruista. Recuerde al héroe que muere por la patria. El altruismo puro tiene dificultades para mantenerse a través de la evolución biológica y cultural. Se necesita algo más.

• El **mutualismo** o la doctrina de que la dependencia mutua es necesaria para el bienestar social fue defendido por el filósofo Pierre Joseph Proudhon (nacido en Besancon en 1809; murió en París en 1865). La ayuda mutua es beneficiosa para todos los participantes y forma vínculos sociales que cimientan a la sociedad. Los lazos mutuos pueden basarse en la cooperación, la solidaridad, la defensa mutua y / o el comercio. Sin estas interacciones, las sociedades no existirían. Las deficiencias de las explicaciones mutualistas para la evolución social son que los parásitos y los tramposos eventualmente abrumarán al resto, haciendo que las relaciones mutualistas a largo plazo sean poco estables. Estos límites al mutualismo incluyen la codicia y el egoísmo. Este problema se estudia utilizando el dilema del prisionero. Es un ejemplo estándar de la teoría de juegos para determinar cuándo conviene y cuando no conviene

cooperar. Fue propuesto originalmente por Merrill Flood (nacido en 1908 en Seward y fallecido en 1992 en La Jolla) y Melvin Dresher (nacido en 1911 en Polonia; murió en 1992 en Bakersfield) trabajando en RAND en 1950. En este juego, dos sospechosos por robar son interrogados por la policía que esperan una confesión. El jugador que cede al trato de la policía, denunciando al compañero, será liberado. El denunciar tiene menos riesgo que permanecer en silencio esperando que el compañero no hable. La cooperación, no hablar, arrojaría mayores beneficios para ambos prisioneros. El mismo dilema aparece en lo que los economistas llaman "La tragedia de los comunes". Un bosque, un campo de pastoreo o una pesquería que no tiene propietario, ya sea un propietario comunitario o individual, se agotará, ya que los individuos no tienen incentivos para mostrar moderación al sobre-explotar el recurso. El que se modera la explotación del recurso pretendiendo conservarlo, lo pierde por la avaricia de otro.

• **Reciprocidad**. El sociobiólogo Robert Trivers (nacido en 1943 en Washington) y otros propusieron que la reciprocidad o la regla de que el receptor de una donación eventualmente retribuye el gesto, es la base de la cohesión social. Específicamente, Trivers definió el altruismo recíproco como un comportamiento por el cual un organismo actúa de manera que reduce temporalmente sus beneficios al tiempo que aumenta las ganancias de otro organismo, con la expectativa de que el otro organismo eventualmente actuará de manera similar más adelante. La reciprocidad, para trabajar, requiere que los parásitos y los tramposos deben ser identificados y aislados. Esto no es siempre posible.

• La **reciprocidad condicional** fue explorada por el politólogo Robert Axelrod (nacido en 1943 en EE. UU.) Induciendo el descubrimiento por parte de Anatol Rapoport (nacido en 1911 en Lozova, Ucrania y fallecido en 2007 en Toronto) de una estrategia muy exitosa conocida como "Tit for Tat" , o "golpe por golpe" y "ayuda por ayuda". Aquí, un individuo se involucra en asociaciones cooperativas sólo con individuos que también

cooperan, evitando los costos de las interacciones con los parásitos. Si no puede saber de antemano si un posible socio cooperará o no, una segunda estrategia es simplemente cooperar si su último socio cooperó, y desertar de la cooperación si el último socio desertó. Esta estrategia se llama "Tit for Tat". Estrategias más sofisticadas no logran añadir eficiencia.

• La **reciprocidad indirecta**, promovida por el biólogo Richard D. Alexander (nacido en 1925 en el condado de Piatt, EE. UU.) y en una forma diferente por el economista Robert Frank (nacido en 1945 en Coral Gables, Florida), supone que la reputación agrega valor a un individuo en futuros encuentros cooperativos, al aumentar la confianza que los individuos en su sociedad depositarán en él, facilitando la reciprocidad y la cooperación en las interacciones sociales. Esto funciona porque los individuos cooperativos ganan reputación que les ayuda a encontrar mejores socios cooperativos en el futuro. Sin embargo, la reputación también podría ser falsa. Por lo tanto, la reputación y la reciprocidad por sí mismas no parecen suficientes para explicar la evolución social.

• El **castigo altruista** es otro mecanismo que se ha propuesto para impulsar el contrato social. Si los parásitos, desertores e individuos codiciosos escapan a la cooperación por razones egoístas, aumentar el costo de la deserción reducirá el número de parásitos al reducir o eliminar sus ganancias. Sin embargo, el castigo es costoso tanto para el castigador como para el castigado. El castigo social, como expulsar de la sociedad al parásito, es menos costoso para el castigador y más para el castigado, pero posible sólo si existen mecanismos para lograrlo.

• El concepto de los **genes egoístas**, tal como se desarrolló en la sociobiología, supera muchas de las limitaciones mencionadas anteriormente. Es decir, hacer trampa contra uno mismo no tiene sentido. La idea aquí es que en el lenguaje biológico evolutivo, el "yo" no es el organismo, sino el gen, o

conjunto de genes (o memes que son las unidades equivalentes en evolución cultural). Si un gen codifica un acto altruista o mutualista, el organismo que lleva ese gen sufrirá su efecto y disminuirá o aumentará la posibilidad de sobrevivencia de forma indirecta, en razón del efecto que tiene sobre los demás portadores del gen. Esto se llama adaptación inclusiva. Los capítulos siguientes profundizan esta visión.

5.2 Sinergia de Cooperación

Todos los encuentros cooperativos tienen costos, pero el parasitismo social no siempre es rentable. En muchos casos, la cooperación es una estrategia de ganar-ganar para todos los involucrados. La sinergia, o un efecto multiplicador, desplaza el equilibrio costo / beneficio del parasitismo y la cooperación hacia la cooperación. El biólogo Edward Osborne Wilson (nacido en 1929, Birmingham, Al) describió "El efecto multiplicador" [23] de la siguiente manera: "En el contexto del comportamiento organizacional es la opinión de que un grupo cohesivo es más que la suma de sus partes. La sinergia es la capacidad del grupo para superar incluso a su mejor miembro individual ". Claramente, se espera que la sociedad produzca sinergias. Una sociedad sin sinergias es improbable que sea estable. La sinergia social es la columna vertebral de las sociedades humanas y animales.

Las soluciones teóricas simples del juego del dilema del prisionero no se verifican cuando se estudian sociedades reales. Por ello se han utilizado experimentos más sofisticados con computadora para explorar el rigor lógico de cada una de las proposiciones enumeradas anteriormente para el funcionamiento de la cooperación social. Usando simulaciones avanzadas de sociedades artificiales, se demuestra que ninguna de las características propuestas enumeradas normalmente en la literatura, pueden explicar la aparición y el mantenimiento del comportamiento social por sí solas. Tampoco existen configuraciones especiales de redes [24], ni

sistemas de genes mágicos que hagan que el comportamiento social sea más propenso a evolucionar. La única característica que puede producir sociedades viables y estables en los mundos virtuales, y posiblemente también en los reales, es un efecto sinérgico en la cooperación social [34]. Los siguientes ejemplos simples explicarán lo que significa una cooperación sinérgica.

• Un solo cazador de la edad de piedra puede tal vez cazar un ave, una rana o un roedor si sale solo a explorar. Dos podrían cazar a un venado y llevarlo a sus familias, pero una docena podría matar y sacrificar un mamut, con más de una tonelada de carne, alcanzando decenas o centenas de kilos por cazador. Mientras que cualquiera de los cazadores solitarios podría conseguir por su cuenta solo unos pocos kilogramos de carne. Por lo tanto, la cooperación entre los cazadores de la edad de piedra produjo sinergias que benefician a cada uno de los individuos participantes además de grandes beneficios para la sociedad. Aquí no aplica el dilema del dilema del prisionero de cooperar o no cooperar.

• Un pescador solitario en la Edad Media podría atrapar varios peces pequeños e incluso uno grande usando las herramientas de pesca disponibles. Sin embargo, un pequeño grupo de pescadores de ballenas podría pescar uno o varios adultos, lo que representa centenas o miles de veces más carne que lo accesible al pescador solitario. El beneficio que cada pescador individual recibe en la pesca cooperativa supera con creces lo que podía esperar pescando solo..

• Un jubilado del siglo XXI vive solo en su casa. Cada mañana barre el frente de su casa, y también limpia la de sus vecinos. Debido a este comportamiento, los vecinos lo aprecian y lo consideran un altruista. Cuando un día, un infarto de corazón lo golpea, él tiene fuerzas solo para llamar a un vecino, que por tenerle afecto lo lleva al hospital y le salva la vida. El valor que el anciano le asigna a su vida, por supuesto, es infinito. Aquí no hay cantidad de trabajo, dinero o tiempo que pueda comprarle

una nueva vida. El tiempo y el esfuerzo invertidos en limpiar la acera de su vecino son pequeños comparado al valor de su vida. Para él, aunque quizás no lo perciba, sus actos no son altruismo, son una forma muy rentable de inversión social a futuro.

La cantidad de sinergia desatada en este ejemplo es muy grande. Si asumimos grupos de 20 individuos, y un promedio de capturas individuales de cazadores solitarios de 10 Kilogramos, el valor de sinergia social que debe usar para multiplicar el beneficio promedio de individuos solitarios para obtener el beneficio promedio de individuos en el grupo cooperante es 5 en la primera ejemplo, 50 en el segundo, e infinitamente grande en el tercero. Las simulaciones por computadora muestran que las sociedades estables emergen por evolución con valores pequeños de sinergia social. En los mundos virtuales, las sociedades solo necesitan valores de 1 a 2 para garantizar que surja la cooperación social por encima del 50% de probabilidad. Valores de sinergia social de 3 o más producen sociedades basadas en la cooperación con probabilidades del 100%. Lograr los beneficios sociales con grupos más pequeños aumenta este efecto sinérgico. Por lo tanto, la extrapolación de los resultados de la simulación social a la vida real sugiere que el surgimiento y el mantenimiento de la cooperación social sean inevitables cuando existe sinergia social.

Alfred Emerson (nacido en 1896 en Ithaca, NY y fallecido en 1976 en Lake George NY) propuso [25] que la evolución está mucho más relacionada con la cooperación que con la competencia. Un ejemplo empírico es la evolución del mutualismo entre mariposas y hormigas. Las larvas de mariposas de la familia Lycaenidae tienen relaciones especiales con las hormigas. Las hormigas protegen a las larvas de la mariposa de los depredadores y las larvas proporcionan nutrientes a las hormigas. Sin embargo, también hay especies de hormigas que se comen a las larvas y larvas que se comen a las hormigas. Un estudio exhaustivo de estas relaciones en

todas las especies de Lycaenidae arroja que las interacciones simbióticas cooperativas entre las hormigas y la larva de mariposa, donde ambas partes se benefician de la interacción, es mucho más frecuente y ha aparecido múltiples veces en la evolución de estas especies que cualquiera de las otras dos alternativas [26].

5.3 El valor adaptativo del Amor

Los experimentos por computadora que reflejan la dinámica evolutiva de los organismos sexuales y asexuales tal como ocurren en la naturaleza, probaron características propuestas para explicar la evolución de la recombinación sexual [27] . Los resultados muestran que esta evolución se describe mejor como una red de interacciones entre posibles formas sexuales, incluyendo diploidía, thelytoky, sexo facultativo, agrupación, bisexualidad y división del trabajo entre los sexos, en lugar de una simple transición de la partenogénesis a la recombinación sexual. Se demostró que la diploidía es fundamental para la evolución del sexo; la reproducción bisexual surgió sólo entre diploides anisógamos con una división sinérgica del trabajo reproductivo; y el sexo facultativo era más probable que evolucionara entre los haploides que practicaban el apareamiento selectivo.

La principal conclusión de esta investigación es que el surgimiento y mantenimiento de la reproducción sexual entre organismos vivos no es posible si la interacción entre los padres no incluye algún tipo de sinergia que beneficie directa o indirectamente a la descendencia. Por lo tanto, en lugar de considerar la selección natural como un conflicto entre sexos, como hacen muchos biólogos, debemos centrarnos en comprender las sinergias que surgen entre los participantes de la reproducción sexual.

Por ejemplo, la mezcla apropiada de genes lograda a través del apareamiento selectivo puede conferir una mayor

inmunidad contra patógenos a la descendencia, o las habilidades complementarias heredadas por la descendencia pueden conferir nuevos beneficios para la supervivencia. En el sitio de los padres, la cooperación en la inversión de los padres, la cría de la cría, la construcción del nido, la defensa de la descendencia, etc., mi prueba de ser sinérgica, como lo demostró el ejemplo de las avispas (ver sección 4.5).

Este arreglo sinérgico fundamental en el origen del sexo inspiró el título de "Información y energía: Dioses del Génesis", lo que sugiere que el acoplamiento sinérgico de dos entidades es la raíz de la mayoría de las sinergias. Más de dos sexos, aunque es posible, es poco probable [28] .

5.4 Emprendimiento: Riqueza de Sinergia

La actividad donde más conciencia existe del funcionamiento de la sinergia es probablemente en la economía. Para los economistas, el dinero es principalmente un lubricante para facilitar transacciones que producen sinergia. Esta visión, sin embargo, es bastante intuitiva. Ninguna de las principales teorías económicas generales habla explícitamente de sinergia. Está muy presente en la planificación de fusiones de empresas y se deduce su existencia al considerar grupos de trabajadores que cooperan. No siempre esto es posible. Un grupo de comerciantes en disputa será mucho menos eficiente en sus negocios que un comerciante rico y organizado que haga negocios por su cuenta.

El economista Adam Smith (nacido en 1723 en Kirkcaldy y fallecido en 1790 en Edimburgo) acuñó el concepto de la mano invisible de los mercados. Mostró, por ejemplo, cómo un grupo de trabajadores especializados en fabricar alfileres, producía mucho más alfileres y de manera mucho más eficiente, si se organizaban para dividir el trabajo, que si cada uno realizaba todas las tareas. Pero no todos los grupos de

trabajadores superan al individuo trabajando solo. Específicamente, Adam Smith en su libro "*The Wealth of Nations"* describe de forma muy ilustrativa lo que es un hoy en día un ejemplo famoso. "… *El comercio del fabricante de alfileres; Un trabajador no educado para este negocio (al que la división del trabajo ha prestado un oficio distinto), ni familiarizado con el uso de la maquinaria empleada en él (a cuya invención probablemente la misma división de trabajo haya sido utilizada), podría escasamente, quizás, con su mayor industria, hacer un pin en un día, y ciertamente no podría hacer veinte. Pero en la forma en que se lleva a cabo este negocio, no solo toda la obra es un oficio peculiar, sino que se divide en una serie de sucursales, de las cuales la mayor parte son también oficios peculiares. Un hombre saca el cable, otro lo endereza, un tercero lo corta, un cuarto lo apunta, un quinto lo tritura en la parte superior para recibir la cabeza; hacer la cabeza requiere dos o tres operaciones distintas...es un negocio peculiar, blanquear los alfileres es otro; es incluso un intercambio por sí mismo para ponerlos en el papel; y el negocio importante de hacer un alfiler está, de esta manera, dividido en aproximadamente dieciocho operaciones distintas, que, en algunas fábricas, son realizadas por distintas manos, aunque en otras el mismo hombre a veces realiza dos o tres de ellas. He visto una pequeña manufactura de este tipo en la que solo diez hombres estaban empleados y, en consecuencia, algunos de ellos realizaron dos o tres operaciones distintas. Pero aunque eran muy pobres y, por lo tanto, acomodados indistintamente con la maquinaria necesaria, podían, cuando se esforzaban, hacer entre ellos unas doce libras de alfileres en un día. Hay en una libra más de cuatro mil pines de un tamaño medio. Esas diez personas, por lo tanto, podrían hacer entre ellas más de cuarenta y ocho mil alfileres en un día. Cada persona, por lo tanto, haciendo una décima parte de cuarenta y ocho mil pines, puede considerarse que hace cuatro mil ochocientos pines en un día. Pero si todos hubieran trabajado por separado e independientemente, y sin que ninguno de ellos hubiera sido educado para este peculiar negocio, ciertamente no podrían haber ganado veinte, tal vez ni un alfiler en un día;*

esto es, ciertamente, no los doscientos cuarenta, tal vez no la cuatrocientos ochocientos parte de lo que actualmente son capaces de realizar, como consecuencia de una división y combinación adecuadas de sus diferentes operaciones ".

Esta es una descripción detallada y exquisita de la sinergia económica, aunque Adam Smith no usó esta palabra. Sin embargo, no todas las actividades económicas producen sinergia. En la Figura 5.4 presento un resumen esquemático de posibles interacciones sociales económicas.

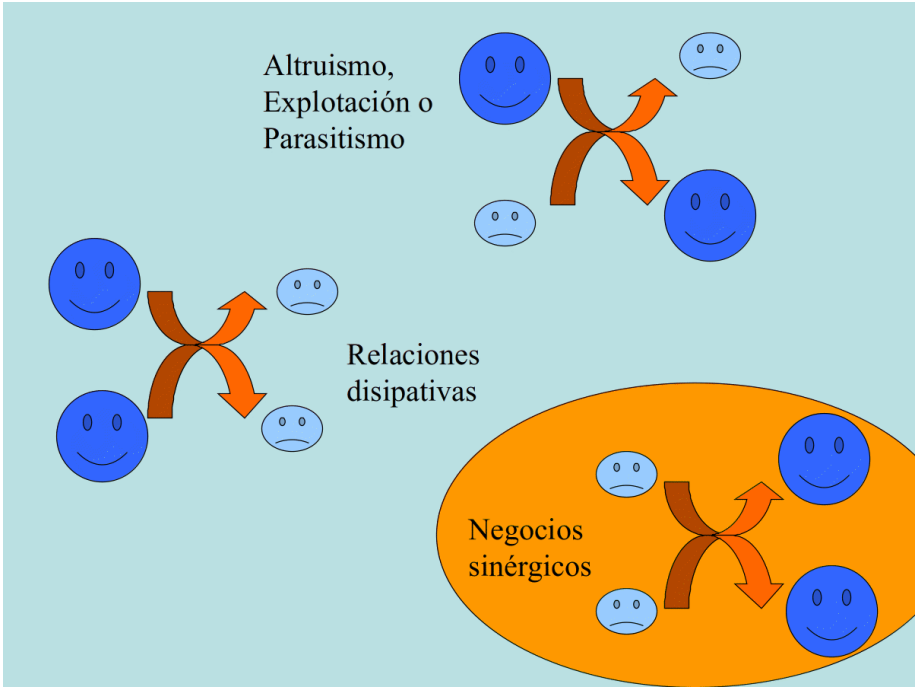


Figura 5.4
Tipos de interacciones económicas (dibujo del autor)

En las interacciones altruistas puras, uno de los socios en el intercambio económico reduce su riqueza mientras que el otro socio la incrementa. El mismo resultado surge de una interacción explotadora o parasitaria. La diferencia entre ambas

descripciones es semántica: en un caso, describimos la parte que reduce su riqueza como altruista; En el otro caso, lo llamamos víctima de la explotación. La diferencia en el agregado en términos puramente económicos entre el parasitismo y el altruismo es nula. En términos psicológicos y emocionales, puede haber muchas diferencias, pero el impacto sobre la riqueza acumulada agregada es equivalente.

En una interacción sinérgica, la riqueza agregada aumenta. Muchos actos aparentemente altruistas son, en términos económicos, una inversión social. Cuando un donante rico le da una manta al receptor pobre, el beneficiario obtendrá una utilidad mucho más alta que el donante, pero no hay un aumento neto de la riqueza. Pero si el objeto donado es una máquina de coser, que se usa en la casa del rico donante como decoración, pero el receptor pobre lo usa para producir mantas para vender, entonces la utilidad incrementada podría transformarse en riqueza incrementada. Este segundo tipo de interacción es sinérgica en términos económicos. Debería llamarse más bien una inversión social a largo plazo en lugar de un acto altruista, ya que todos los participantes eventualmente se beneficiarán de esta inversión. Una mejora económica entre los habitantes pobres también aumentará indirectamente a largo plazo la calidad de vida de un donante rico.

Con frecuencia, los intercambios económicos disipan la riqueza agregada y todos los participantes en la interacción pierden. Esto ocurre con el castigo altruista individual. Aquí, un individuo altruista castiga a un transgresor de una norma a un costo para él y para el individuo castigado. El castigador busca que se respeten las normas que benefician a todos. Cuando el castigador es un individuo, la probabilidad de ser castigado, y por tanto el costo promedio para el castigado es bajo y los beneficios de transgredir la norma son altos, el resultado económico resultante es la disipación de los recursos. Esto favorece el castigo a través de una autoridad centralizada que es mucho más eficiente para hacer cumplir las reglas sociales cuando el castigo es costoso. Es una de las razones para la

existencia de un estado central que logra formar especialistas en estas tareas represivas.

La división del trabajo permite la ejecución simultánea de tareas que se pueden sincronizar. Sincronizar el trabajo requiere confianza. La división eficiente del trabajo requiere especialización, y la especialización requiere conocimiento. A su vez, la sincronización y la división del trabajo producen conocimiento y confianza, que son parte del síndrome de prosperidad en la economía [29]. Es el origen de la sinergia social lograda a través de la división del trabajo que permite que los mercados sean eficientes para lograr riqueza y salud en una sociedad.

La razón por la cual la división del trabajo es esencial para un proceso económico sinérgico se puede ilustrar en un ejemplo simple de un mundo que contiene solo dos recursos, digamos azúcar y sal [30]. Agentes omnipotentes que habitan este mundo pueden recolectar azúcar y sal. Pueden intercambiarlo con otros, para obtener ganancias en cada intercambio, aumentando su riqueza personal. Alternativamente, los agentes pueden ser mineros de sa, productores de azúcar o comerciantes, limitando sus actividades a solo una de estas posibilidades. Los agentes omnipotentes pueden realizar cualquiera de las tres actividades. Una evaluación rápida e intuitiva de esta situación pensaría que los agentes omnipotentes estarán mejor en términos agregados en comparación con los especialistas, ya que es menos probable que sean económicamente inactivos debido a su amplia posibilidad de acción. Los experimentos con computadora que utilizan este mundo imaginario muestran que esta evaluación intuitiva es verdadera sólo si ambos recursos están distribuidos de manera uniforme. Sin embargo, si la distribución de estos dos recursos es heterogénea, con grupos de minas de sal en un lugar y áreas con haciendas de caña de azúcar en otro lugar, el especialista siempre será más eficiente que los agentes omnipotentes en términos agregados (ver simulaciones en [14]). Es decir, las interacciones sinérgicas a través de la

división del trabajo son favorecidas por la heterogeneidad del ambiente. Cuanto más complejo y diverso sea el entorno, mayor será la especialización de una tarea para mejorar el desempeño y más división del trabajo será necesaria para los procesos económicos sinérgicos [31].

La realidad, por supuesto, es mucho más compleja que el ejemplo presentado anteriormente. Los verdaderos agentes económicos omnipotentes probablemente no existan y las capacidades de los individuos para dominar el conocimiento, la capacitación y las habilidades necesarias para ejecutar todas las tareas posibles en una economía son nulas. Por lo tanto, las economías complejas requieren la división del trabajo, produciendo sinergias en las que todos los participantes se benefician con las interacciones de beneficio mutuo. Ello favorece y estabiliza los acuerdos sociales que los favorecen. Esto no se cumple en sociedades primitivas de cazadores-recolectores. Las posibilidades de división del trabajo son menores y las interacciones económicas de suma cero son más probables. Alguien que pesca todos los peces en un lago, no deja nada para otros pescadores. Sin embargo, si los individuos cooperan para plantar un campo de maíz o para producir alfileres, pueden organizarse para optimizar las diferentes actividades, desatando sinergias que benefician a todos. Estos ejemplos nos dan una idea del funcionamiento de la mano invisible del mercado.

5.5 Sinergia en los Negocios

La actividad humana con más interesados en lograr sinergias es los negocios. Algunos ejemplos concretos podrían iluminar cómo lograr sinergia en los negocios. Específicamente, como mencionamos anteriormente, el tamaño de un negocio a menudo favorece la aparición de interacciones sinérgicas. En los negocios, esto no siempre es asi.

Aquí algunos ejemplos:

1. Las adquisiciones de empresas por otras, se realizan para crear valor económico. La razón intuitiva que subyace a esta creación de valor es reducir los costos de la entidad combinada, cobrar precios más altos, o de ambas. Investigaciones [32] revelan que el éxito de estas adquisiciones depende de la oportunidad de utilizar recursos especializados en las empresas a adquirir. Un estudio comparó tres clases amplias de recursos que contribuyen a la creación de valor. Siguiendo la sabiduría convencional, estos recursos se clasifican como el costo del capital relacionado con la sinergia financiera, el costo de la producción relacionado (que resulta en la sinergia operacional) y el precio (la sinergia monopólica). El estudio encontró que la sinergia monopólica está, en promedio, asociada con el valor más alto. Además, los recursos detrás de la sinergia financiera tienden a crear más valor que los recursos detrás de la sinergia operativa.

2. ¿Son las empresas grandes más rentables, y su tasa de supervivencia mejor que las más pequeñas? Un estudio [33] utiliza series temporales australianas y datos de corte transversal a nivel de empresas, para la primera mitad del siglo XX para abordar estas cuestiones. Compara el rendimiento de capital de las 20 compañías más grandes en una base de datos con las 405 empresas restantes para el período 1901-21, y luego calcula las tasas de deserción comparativas en los siguientes cuarenta años. Las 20 firmas principales fueron más rentables, aunque tuvieron un rendimiento individual algo diferente, y tuvieron tasas de deserción más bajas durante los siguientes 40 años que las firmas más pequeñas. Por lo tanto, las empresas más grandes, en promedio, obtuvieron mejores resultados y fueron más efectivas para mantener su posición relativa.

3. Con redes neuronales artificiales se exploró la influencia entre el tamaño de la empresa, la rentabilidad, la productividad

de los empleados, y las patentes de la empresas en el la industria farmacéutica de los Estados Unidos [34]. El resultado muestra que el tamaño de la empresa, la rentabilidad y la productividad de los empleados tienen una influencia positiva sobre la producción de patentes de las compañías. Por lo tanto, una compañía farmacéutica podría mejorar su productividad de patentes, aumentando de tamaño, mejorando la rentabilidad e incrementando la productividad de los empleados.

4. Otro estudio examina las relaciones entre el tamaño de la empresa, la rentabilidad y la diversificación, en una muestra de las 400 empresas industriales más importantes de Canadá en 1975 [35]. Se tienen en cuenta los factores específicos de la industria. Los hallazgos principales son que el aumento del tamaño de la empresa no se asocia con una mayor rentabilidad, las empresas más grandes parecen experimentar una mayor estabilidad en las ganancias, y la relación entre el tamaño de la empresa y la diversificación es positiva pero débil. Los factores de la industria son mucho más importantes que el tamaño de la empresa para determinar la relación empresa - diversificación, lo que implica que la diversificación no parece estabilizar las ganancias de todas las grandes empresas.

5. La relación entre el desempeño social corporativo de una organización y las variables: tamaño de la organización, desempeño financiero de la organización, y desempeño ambiental, también muestra la existencia de sinergia [36]. Al examinar datos de 1987 a 1992, los resultados muestran que el desempeño social corporativo de una empresa se ve afectado por el tamaño de la empresa, el nivel de rentabilidad de la empresa y la cantidad de emisiones de contaminación emitidas por la empresa.

6. Estudiando la calidad de las relaciones interpersonales, Alex Edmans [6] en la London Business School encontró que los 100 mejores lugares para trabajar en los EEUU tienen mayor éxito económico que el resto. Esta relación entre el ambiente de trabajo y la productividad de la empresa se evaluó durante más

de 25 años. Durante este tiempo, el estudio encontró que las empresas con los mejores lugares para trabajar aumentan el valor de sus acciones en un 50 por ciento en relación con los demás durante este tiempo.

7. Otro estudio con contratistas de Federated Electrical Contractors, encuentra que las empresas contratistas eléctricas pueden experimentar menos rentabilidad a medida que la empresa crece en tamaño [37]. Un modelo estadístico consigue una relación entre tamaño y rentabilidad de la empresa. Los datos financieros para 1985–1996 revelan que las empresas pequeñas, medianas y grandes son significativamente diferentes entre sí en términos de su tasa de ganancia. La rentabilidad disminuye a medida que las empresas crecen más de $50 millones en ventas. El modelo con datos del año 1996 validan el modelo, prediciendo 76% de la variabilidad en esta relación.

8. Las fusiones no siempre son rentables. Utilizando datos de 2,732 líneas de negocios operadas por corporaciones manufactureras de EE. UU., una investigación [38] analizó la rentabilidad de las empresas previas a la fusión y los resultados operativos posteriores a la fusión para los años 1957–1977. Las empresas adquiridas se consideran extraordinariamente rentables antes de la fusión, y más en las de menor tamaño. Después de la fusión, la rentabilidad de las entidades adquiridas disminuyó, excepto entre las fusiones de agrupaciones de aproximadamente el mismo tamaño. El descenso fue mayor de lo esperado bajo la regresión galtoniana. Esto y la alta tasa de desinversión para las entidades adquiridas apuntan hacia la pérdida de control como una explicación de la caída de ganancias.

9. Varios estudios muestran que la hipótesis de una relación entre el tamaño de la junta directiva y el desempeño financiero no siempre es positiva [39]. Las pruebas empíricas de esta relación existen solo en unos pocos estudios. Encontraron una correlación negativa significativa entre el tamaño de la empresa

y la rentabilidad en una muestra de empresas finlandesas pequeñas y medianas.

Estos estudios muestran que no siempre el tamaño favorece la aparición de interacciones sinérgicas. A menudo, las sinergias se pierden cuando las empresas se fusionan o aumentan demasiado en tamaño. El control del mercado y el incremento del poder monopólico, más que el incremento en sinergia, explican muchas fusiones de empresas.

Estos ejemplos sugieren que más y mejor especialización, complementariedad de las partes integradas de la fusión, incremento en las experticias, mejor integración armónica de los empleados en la empresa, y mejor calidad de vida en el trabajo, son factores que se relacionan con sinergia de forma consciente.

En las discusiones sobre la fragilidad de los bienes públicos frente a los poderes de Leviatán, se sabe que la sinergia surge a través de instituciones como la propiedad privada o comunitaria. Se ha acumulado una gran cantidad de evidencia sobre cómo emergen sinergias en estos casos, gracias en gran parte al trabajo de la economista política Eleanor Orstrom (nacida en 1933 en Los Ángeles y fallecida en Bloomington IN en 2012), ganadora del Premio Nobel de 2009 en ciencias económicas. La división del trabajo, la creación de redes cooperativas y el aumento de la motivación son todos los ingredientes para lograr resultados sinérgicos en la gestión de recursos.

Pero el factor más relacionado con la sinergia en los negocios es el conocimiento científico. Un estudio revela [40]. que entre todas las variables estudiadas que se relacionan con la riqueza de una nación, la correlación más fuerte es la relacionada con el conocimiento científico. Es decir, los países con grandes sectores académicos dedicados a la investigación científica básica en las ciencias naturales tuvieron un

crecimiento económico mucho más fuerte y tenían más riqueza total que aquellos con menos actividad de investigación. Esta relación, también está presente en mucho menor grado con otro tipo de conocimiento e instituciones que lo manejan. La fortaleza de las instituciones económicas, el conocimiento tecnológico, las artes y las películas, y muchos otros índices. Es decir, el conocimiento científico profundo de los fenómenos con que lidia el sector productivo permite que el sistema logre interacciones sinérgicas más productivas.

En general, la sinergia temporal y espacial impulsa la economía: la "Velocidad" del dinero se relaciona con la eficiencia de la economía. Es decir, la eficiencia económica se ve afectada por la velocidad de la actividad así como por la cantidad de riqueza involucrada en las transacciones. Se pueden lograr muchas ganancias sinérgicas al disminuir los obstáculos a la actividad económica mediante la implementación de reglas y leyes que organizan las interacciones sociales, pero tenga cuidado con la redacción excesiva de reglas [41].

5.6 El Contrato Social

Las sociedades son producto de la evolución biológica y cultural. La investigación sociobiológica ha demostrado que una característica clave en todas estas sociedades es que todos y cada uno de los miembros de la sociedad tienen un papel importante. Es decir, en las sociedades de células vegetales, el papel de una célula en la base del tronco de un árbol es tan importante como el de una célula al final de una rama. En las ciudades humanas, el barrendero o limpiador de calles es importante para la higiene social, y también lo es el médico especialista en el hospital central. La sinergia social surge cuando se logra una convivencia y cooperación armoniosas de

todas las partes de la sociedad para que todos los participantes se beneficien de alguna manera de pertenecer a la sociedad.

Entre los humanos, el cemento biológico de los lazos sociales son proporcionados por comportamientos y sentimientos, moldeados por la crianza y la naturaleza, como la confianza, la lujuria, el amor, el respeto, el afecto, la búsqueda de poder, la vergüenza, la empatía, el humor, la humildad y otros, que formar una red de fuerzas que interactúan sinérgicamente produciendo beneficios a largo plazo para el actor a menudo de manera impredecible. Estas redes de interacciones constituyen un contrato social. Los comportamientos que hacen que las transacciones sean más eficientes, las relaciones más mutualistas y las inversiones más propensas a producir beneficios, a corto y largo plazo, pueden considerarse sinérgicas con respecto a las interacciones sociales. Estas estrategias de ganar-ganar enriquecen el contrato social con el tiempo.

Los sistemas políticos exitosos no solo tienen que manejar las economías nacionales, sino que también deben administrar el entorno sociopolítico para permitir que nuestros sentimientos sociales innatos se congreguen en torno a las sinergias sociales. Un gran número de instituciones, inventadas por humanos en diferentes períodos de nuestra historia, han tenido éxito para avanzar en esta tarea. La democracia en sus diversas formas se ha indicado con mayor frecuencia en los tiempos modernos como la mejor de estas instituciones. Pero la **democracia** tiene varias formas. Las **democracias populistas**, que se centran en los beneficios a muy corto plazo sin tener en cuenta los impactos a largo plazo de las políticas, a menudo son muy perjudiciales para la sociedad. La **democracia meritocrática**, que a menudo tiende a la **aristocracia democrática**, parece haber servido bien a la sociedad

industrial. Sin embargo, la **autocracia** parece ser el modo predeterminado de gestión institucional cuando la sociedad civil no tiene medios para detenerla. La ciencia política tiene muchos ejemplos y lecciones que enseñar a este respecto.

Una sociedad gobernada por instituciones logra la regulación social equilibrando fuerzas opuestas. Toda regulación debe implementarse de manera racional, con una supervisión continua sobre su funcionamiento y su efecto beneficioso sobre el trabajo sinérgico del grupo. Las regulaciones a menudo perjudican la eficiencia de trabajo del grupo, y no siempre debido a su implementación descuidada. Una clave para el equilibrio exitoso de fuerzas divergentes es una comunicación sincrónica (sección 3.4) que implica la sincronización de las diferentes dinámicas de los diversos componentes del sistema.

El marco político ideológico que mejor podría manejar las fuerzas de sinergia es el **liberalismo**. No el liberalismo económico dogmático, sino una especie de liberalismo científico empírico que acepta que el progreso social y económico se puede lograr con menos planificación de arriba hacia abajo y más dinámica de abajo hacia arriba. Las leyes de la evolución biológica nos muestran que la diversidad y la libertad pueden hacer maravillas; esa incertidumbre es una ley social universal, incluso en física (principio de incertidumbre de Schrodinger); que las personas están limitadas debido a muchas razones, incluida la limitación en la visualización de diferentes horizontes de tiempo (desde fracciones de milisegundos hasta millones de milenios); que hay dificultades crecientes en el manejo de información más distante (homóloga a la ley de gravedad en física); que la inversión social (es decir, el altruismo) y la dinámica biológica en las interacciones sociales determinan parcialmente el progreso social y económico de las

comunidades humanas. Estas características son indispensables cuando se planifican intervenciones humanas en las regulaciones sociales.

Un elemento importante para que funcione una democracia liberal es la **empatía**. La empatía es la herramienta que teje la sinergia social, mientras que la avaricia es la actitud estúpida que evita la empatía: el interés propio ilustrado es inteligente pero solo funciona con una gran dosis de empatía y reconocimiento del valor de la interdependencia y los límites de la independencia. Las sociedades que enseñan empatía a los niños alcanzan niveles más altos de confianza administrando sociedades más armoniosas que producen más bienestar para todos. Las empresas que confían en sus trabajadores y los tratan con respeto son más productivas. El manejo de estas fuerzas tiene que ser aprendido por experiencia. Ninguna cantidad de enseñanza por parte de otros aumentará significativamente nuestra empatía y confianza. La experiencia es el maestro más efectivo. Los sistemas educativos deben crear las oportunidades para que surjan tales experiencias en lugar de abrumar a los estudiantes con sabiduría escrita repetida en aulas cerradas.

Los ejemplos de sinergia social positiva son abundantes y se dan en la mayoría de las páginas de este libro. Pero también existen ejemplos de sinergia social negativa. Aquí solo algunas:

El **parasitismo social** distribuye la riqueza al quitarle a quien lo ha hecho, sin aliento para aumentar la producción mundial, lo que lleva a la pobreza general. Esa es la base popular del comunismo, el marxismo, el populismo y el nacionalismo.

El **narcisismo capitalista** económico es reclamar los beneficios de la producción, ignorando los agentes involucrados

en los procesos que permiten la aparición de interacciones sinérgicas con otros en la generación de ganancias.

El **capitalismo salvaje** es la consecuencia de practicar el narcisismo económico en un entorno sin regulación social.

El **resentimiento** y el rencor son sentimientos que buscan la destrucción para lograr algún tipo de compensación social contra las injusticias percibidas.

La célula social fundamental donde surge naturalmente la sinergia social es la familia, los equipos de trabajo humano y los ecosistemas humanos. Estas células apuntan a lograr:

- Seguridad psicológica y física para todas las personas.
- Acelerar el cumplimiento de las tareas necesarias.
- Producir innovaciones.
- Maximizar la adquisición y el uso del conocimiento.

El trabajo de las unidades grupales tiene varias limitaciones, por lo tanto, las acciones individuales se ven favorecidas sobre las acciones grupales en muchas circunstancias, como cuando la tarea de resolver es simple y no requiere mucha innovación. Otros problemas con el trabajo grupal incluyen:

- Un grupo despierta las necesidades de poder de algunos de sus miembros, causando autoritarismo, paternalismo, maternalismo y otros comportamientos que limitan la acción de individuos productivos e innovadores.

- En un grupo, es frecuente que quien más habla no sea el que más pueda contribuir a los objetivos comunes.
- Se gasta mucha energía y tiempo en comunicación y coordinación
- La dinámica del grupo limita la innovación individual ya que la coordinación grupal consume mucha energía.
- El trabajo en equipo es limitado ya que el avance armonioso depende de la velocidad de los más lentos del grupo.
- El trabajo en equipo es ineficiente si el coordinador o el líder del grupo tiene poco conocimiento sobre las tareas a realizar
- Los grupos pueden fomentar el autoritarismo. Limitar la responsabilidad autónoma de cada individuo.

El objetivo de un contrato social óptimo es lograr un ecosistema productivo que aproveche la energía de diferentes motivaciones, culturas y personalidades sin gastos innecesarios en estructuras burocráticas.

5.7 Juegos Suma-Cero y Ganar-Ganar

Una amplia evidencia muestra que la evolución del comportamiento humano se produjo por diferentes fases o pasos [42]. Los cazadores-recolectores vivían primero en familias pequeñas. Más adelante en la historia evolutiva, las familias se

organizaron en asambleas más grandes que obligaron al grupo a desarrollar reglas sociales más sofisticadas. Estas tribus o clanes estaban vinculados principalmente a través de relaciones de parentesco. Las estructuras sociales tuvieron un efecto en la eficiencia económica de los grupos, de modo que los clanes se asociaron con otros clanes o crecieron incorporando no parientes como miembros. En esta fase, y posteriormente, la supervivencia de los grupos dependía principalmente de las eficiencias de sinergias sociales que pudieran lograrse. Incluso hoy en día, la eficiencia económica de las naciones europeas se basa en una combinación de características, agrupadas en un "síndrome de propiedad" [43] que maximiza la sinergia. La falta o el escaso desarrollo de una de estas características reduce enormemente la sinergia.

Las características que permiten a los ciudadanos de una sociedad moderna y próspera interactuar sinérgicamente son la confianza y el conocimiento respaldados por instituciones como la ley y el orden y las universidades. Estas instituciones no son fáciles de establecer y mantener como ha demostrado dramáticamente el colapso de Afganistán, Siria, Venezuela y otros.

El principal impedimento para hacer la transición de cazador-recolector al estado moderno es el hecho de que los comportamientos óptimos para las interacciones de suma cero difieren de los de los juegos en los que todos ganan.

Un ejemplo es el consejo de la Biblia (Deuteronomio 20: 10-20). Describe el funcionamiento de un instinto, común a la

mayoría de los animales cuando se enfrentan a competidores de la misma especie: "Pasar a espada a todos los hombres que hay en ella", y para las mujeres y los niños, "pueden tomarlos como botín para ustedes mismos". y reproducir. Hoy en día, muchas culturas humanas siguen este consejo. Es un juego de suma cero que minimiza el éxito reproductivo de los competidores y maximiza la aptitud del actor. Otro ejemplo es la caza de un ciervo en un bosque. Una vez que un cazador lo ha matado, no puede ser cazado por otro cazador. La caza cooperativa, sin embargo, permite a un grupo de cazadores capturar un mamut o una ballena gigante, que un solo cazador no puede capturar. Aquí la cooperación logra una sinergia en beneficio de todos los involucrados.

Los organismos optimizan los juegos de suma cero a menudo simultáneamente con la cooperación, produciendo un maravilloso arco iris de comportamientos. En la Figura 5.4 se presenta una representación esquemática de las diferentes formas de interacción social y su efecto sobre el individuo y la sociedad, con base en los resultados de las simulaciones con Sociodynamica. La figura ilustra que en su efecto general sobre la sociedad, las interacciones parasitarias y las acciones altruistas puras son perjudiciales. Ambos representan interacciones de "suma cero". Es decir, lo que uno pierde, el otro gana y viceversa. El calificativo altruista o parasitario solo depende del punto de vista del agente que sufre la interacción, y en ambos casos el resultado es negativo en el agregado. Solo con la presencia de algún efecto sinérgico, que crea valor, la interacción puede aumentar la utilidad agregada del sistema. En este caso, la interacción no es de suma cero y ambos agentes ganan. Es la llamada interacción "ganar-ganar". Estas son las interacciones que producen riqueza. En la vida real, las

interacciones o intercambios más útiles son bastante disipativos, ya que la transferencia de utilidad o riqueza, al cumplir la segunda ley de la termodinámica en un sistema cerrado, produce pérdidas. Es decir, interacciones que no producen ningún beneficio para el receptor y le cuestan energía o tiempo al actor. Estas interacciones reducen la riqueza agregada del sistema, ya que la desperdician o la disipan.

Cuatro tipos básicos de interacción social

Acción	Efecto	Conducta
Sabio	Ambos, individuo y sociedad ganan	Inversión social
Egoísta	Individuo gana, sociedad pierde	Egoísmo destructivo
Altruista	Sociedad gana, individuo pierde	Altruismo verdadero
Estúpido	Individuo y sociedad pierden	Comportamiento Destructivo

En resumen, la diversidad de acciones y sus efectos en la sociedad pueden clasificarse en cuatro categorías amplias que se enumeran en la Tabla.

Ahora bien, las interacciones que realizamos los humanos han sido seleccionadas y decantadas por la evolución biológica y nuestra historia cultural. En consecuencia, deben tener una razón de adaptación. Las interacciones puramente disipativas pueden considerarse no adaptativas y claramente

todas las sociedades las rechazan. Se consideran aberraciones sociales, conductas antisociales o conductas negativas.

Las interacciones de “suma cero”, especialmente las egoístas, son el tipo que ha dominado las interacciones sociales de *H. sapiens* durante la mayor parte de su historia. Es la interacción del cazador-recolector con compañeros no relacionados genéticamente. La presa o la fruta que un individuo dona o toma no está disponible para otros. El pescado que extrae del río no puede ser capturado por otro pescador. Estas limitaciones del entorno favorecen interacciones mutualistas en las que se espera que todo acto de generosidad sea recompensado en el futuro. Es la base de las ideologías económicas que priorizan la distribución de la riqueza. Esta forma de ver el mundo se puede resumir en "Dios crea los recursos, los humanos los repartimos".

Por otro lado, las interacciones sinérgicas tienen propiedades muy poderosas y las acciones que las promueven pueden considerarse como una inversión a corto y / o largo plazo, ya que son creadoras de riqueza. Su presencia omnipotente es relativamente reciente en las sociedades humanas. Su funcionamiento se basa en la tecnología y el conocimiento. La creación de imperios tecnológicos no es posible mediante la simple adición de voluntades. También requiere el complemento de conocimientos y habilidades, la mejora de la interacción cooperativa con una amplia comprensión de las ciencias y tecnologías apropiadas. Es producto de la revolución científica e industrial. La cooperación optimizada entre trabajadores, técnicos, gerentes y financieros en una empresa de tecnología, crea un valor agregado que es mucho mayor que el creado por la interacción entre el mismo número de agricultores de subsistencia.

Otro ejemplo que ilustra el funcionamiento de la sinergia: en un equipo tope típico, las personas que siguen sus actividades se centran en los problemas comerciales y en si el equipo acertó en las estrategias. Se presta poca atención a la forma en que los miembros del equipo interactúan personalmente para proponer, desarrollar y aplicar estas estrategias. Los eventos formales de formación de equipos, las intervenciones conductuales y los talleres facilitados para mejorar el desempeño de un equipo son raros. Los problemas de rendimiento empresarial reciben atención directa e inmediata; los problemas de comportamiento se abordan, si es que se abordan, indirectamente y después del hecho. Sin embargo, los mejores equipos no se unen por arte de magia. Mejorar su desempeño como equipos debería ser un objetivo explícito alcanzado a través de medios explícitos. (McKinsey Classics | julio de 2021)

5.8 Cómo limitar los gobiernos parasitarios

Lecciones de la evolución de los parásitos sociales [44].

Durante el proceso de coevolución, los parásitos sociales han desarrollado estrategias sofisticadas para explotar a sus anfitriones sociales. Las hormigas reinas esclavistas invaden las colonias hospedadoras y matan o expulsan a todas las hormigas hospedadoras adultas. Los trabajadores anfitriones, que se encierran en el nuevo nido, son engañados para que cuiden de la cría del parásito. En las siguientes redadas, las crías de huéspedes robados son esclavizadas de manera similar. La evolución de las adaptaciones antiparasitarias también existe en forma de rebelión de trabajadores esclavizados de *Temnothorax*, que matan a dos tercios de las

pupas hembras de la hormiga esclavista *Protomognathus americanus*. Por lo tanto, la batalla coevolutiva entre el anfitrión y el parásito social puede ser ganada a veces por el anfitrión, otras por el parásito. Otros ejemplos incluyen huéspedes de parásitos de cría aviar, donde la imitación perfecta de los huevos del parásito conduce a la evolución del reconocimiento de los polluelos como una segunda línea de defensa.

De manera similar, los gobiernos en la evolución humana coevolucionaron con sus sociedades en un equilibrio dinámico donde a veces los gobernantes se convierten en parásitos de su sociedad (autócratas, dictadores, gobernadores de por vida); es decir, se benefician más de su simbiosis social con sus anfitriones que la población en general. La democracia se ha desarrollado deliberadamente para contrarrestar estos asaltos al equilibrio entre el gobernador y el anfitrión que pueden dañar gravemente a grandes sectores de la población humana. Hoy en día, la información a menudo es restringida o falsa y la manipulación de las instituciones que guían las elecciones para favorecer a los gobernadores en detrimento de los gobernados es frecuente. Los politólogos de la Antigua Grecia y Venecia desarrollaron un sistema que evita estas limitaciones de la democracia. La "demarquía" ó lottocracia. Otros desarrollos evolutivos de la democracia incluyen la creación de instituciones (sistema judicial “independiente” y bancos centrales) como instancias para evitar la politización; es decir, apropiación del poder por parte de grupos de interés de aquellos con menos acceso a la información y a los gobernados en general. La demarquía dificulta que estas instituciones pierdan su independencia. La demarquía se implementa mediante la selección aleatoria de electores que tendrán acceso directo a la información relevante son los que eligen. Las aplicaciones modernas de la demarquía [45] incluyen la selección de jueces, los miembros de la Corte Suprema, los directores del Colegio Electoral y la toma de decisiones constitucionales fundamentales. En estos ejemplos, un gran jurado o un grupo de personas juramentadas (los jurados) se reúnen para emitir un veredicto que se les presenta

oficialmente. Los miembros del jurado se seleccionan al azar de una muestra representativa de la población y se les protege del poder de los gobernadores.

Una vulnerabilidad de los parásitos en general es que pierden la capacidad de realizar algunos procesos fundamentales por sí solos, y por lo tanto, se vuelven dependientes de su anfitrión.

5.9 Bioeconomía y Sociofisiología

La visión adquirida en los últimos años por biólogos y economistas del funcionamiento de la evolución de sistemas complejos es impresionante. Desafortunadamente, poca comunicación fluye entre estos dos gremios académicos. Ambos gremios reconocen que las sinergias son los motores de la evolución. Por lo tanto, parece que vale la pena intentar un marco sintético que abarque ambos enfoques. Una rama de la bioeconomía está haciendo precisamente eso.

En biología, la teoría de la adaptación indirecta o inclusiva (Inclusive Fitness Theory) [46] de William D. Hamilton (nacido en 1936 en El Cairo y fallecido en 2000 en Londres), más tarde ampliado por David Queller (nacido en 1954, Madison, WI), explica las condiciones que favorecen el surgimiento y el mantenimiento de la cooperación social en los seres vivos por medio de la sinergia [47]. En economía, ocurre un fenómeno similar [48]. Es decir, la evolución favorecerá cualquier comportamiento de un individuo que aumente sus beneficios, su sobrevivencia y su probabilidad de tener más hijos. La novedad aquí es que los comportamientos que favorecen a otros por acciones indirectas (altruismo como inversión social, por ejemplo) y que eventualmente beneficiarán al iniciador del comportamiento, pueden ser tratados por la evolución de la

misma manera que los comportamientos egoístas. La condición que esto ocurra es que exista una sinergia que incremente los beneficios para todos los actores de la cooperación. Esto es, la evolución biológica y cultural favorece comportamientos ganar-ganar, que benefician a receptores y dadores de inversiones sociales.

La condición para que una inversión social a largo plazo sea evolutivamente favorecida es que la cooperación sea sinérgica. Otros factores también pueden ayudar, como las relaciones de parentesco y la homofilia (atracción entre similares). Es decir, la evolución, por selección inclusiva de genes y memes (unidades equivalentes en evolución cultural), favorecerá aún más a cooperadores que compartan genes y memes tales como comportamientos, gustos, motivaciones, objetivos, sistemas de comunicación, etc., gracias a la dinámica intrínseca del proceso evolutivo.

En términos bioeconómicos, la teoría que explica la dinámica de las inversiones sociales a largo plazo ayudadas por la sinergia social se llama la teoría de la aptitud inclusiva ampliada (Extended Inclusive Fitness Theory) [49], que sintetiza las fuerzas de selección que actúan sobre la evolución biológica y cultural de las interacciones socio-económicas humanas. Asume que la selección natural impulsada por la aptitud inclusiva produce agentes con funciones de utilidad económica que aprovechan las oportunidades de explotar sinergias. Esta formulación permite estimar relaciones de umbral de costo / beneficio sostenibles de la cooperación entre organismos y / o agentes económicos, utilizando las herramientas analíticas existentes. Ello permite ampliar nuestra comprensión de la naturaleza dinámica de la sociedad, la evolución de la cooperación entre parientes y no parientes, la cooperación inter-específica, la coevolución, la simbiosis, la división del trabajo y las sinergias sociales. Este enfoque permite una fertilización interdisciplinaria, profundizando la comprensión de la sinergia. Por ejemplo, permite describir el papel de la división del trabajo como el surgimiento de sinergias sociales,

proporcionando un marco integrado para el estudio de ambos, la evolución biológica del comportamiento social y la dinámica del mercado económico.

5.10 Función de Utilidad Bioeconómica

Estas fuerzas evolutivas desarrollaron comportamientos y motivaciones que optimizan los mecanismos de cooperación. Estos incluyen todo lo relacionado con sexo, poder, afecto, reputación, rencor, resentimiento, vergüenza, culpa y otros muchos elementos mas. Estos sentimientos sociales son fundamentales para la toma de decisiones de cada individuo y deben de ser incluida en su función de utilidad.

La función de utilidad es una función que mide la «satisfacción» o «utilidad» que obtiene un consumidor cuando disfruta de bienes y que determina la conducta económica particular de cada persona. La bioeconomía define esta función no solo para el comportamiento de consumo de bienes y servicios sino para cualquier decisión que puede tomar una persona durante su vida. Esta definición de función de utilidad expandida explica mucho mejor la conducta económica y no económica de los humanos.

Un ejemplo extremo es la comprensión bioeconómica de terroristas, que permite identificar diferentes motivaciones.. Si la función de utilidad de una persona asocia beneficios infinitos con la inmortalidad, o ningún beneficio posible debido a una fatalidad irremediable, aparecen comportamientos extraños. Los terroristas ajustan su conducta, que a otros pareciera patológicas, pero son racionales en términos de su función de utilidad. Pueden buscar el bien más allá de la vida terrenal y los beneficios económicos, satisfacer rencores y venganzas muy sentidos, o equivocarse en cálculos de probabilidades. Buscan soluciones extremas en la convicción que por algún fenómeno

sinérgico van a lograr objetivos que parecen inalcanzables. Comprender las raíces biológicas de las funciones de utilidad en los seres humanos mejorará nuestra comprensión de las motivaciones de los comportamientos humanos normales y anormales, incluido el de los terroristas.

Otro enfoque más particular de la bioeconomía es la sociofisiología. Este enfoque se basa en herramientas de las ciencias fisiológicas para comprender las interacciones sociales, y viceversa. Un ejemplo seminal es el proporcionado por Keiichi Masuko (nacido en 1954 en Tokio, Japón) utilizando colonias de hormigas. Demostró que los trabajadores de las larvas pueden alimentar a la reina madre incluso con su propia sangre. Así, el flujo de energía y materia dentro de una colonia de organismos puede verse, al mismo tiempo, como una dinámica económica y un proceso fisiológico. La implementación de ideas de la fisiología en la economía incluye el análisis de los fenómenos económicos desde la perspectiva del equilibrio dinámico, utilizando el concepto de homeostasis. Este concepto más amplio encaja mejor con el de los estados estables de la fisicoquímica y de la economía. Estos conceptos permiten describir dinámicas económicas complejas, que operan lejos del equilibrio y donde participan procesos irreversibles. Estas ideas abren la puerta a otras vistas alternativas con un potencial poder explicativo más alto que los modelos de equilibrio lineal, comúnmente utilizados en termodinámica reversible y en la economía clásica.

6. Conceptos Alternativos de Sinergia

La parábola de los sabios ciegos que examinan a un elefante en la antigua India habla de cómo cada ciegos describe y conceptualiza de forma diferente lo que está tocando. Cada ciego siente una parte diferente del cuerpo del elefante, uno el costado, otro el colmillo y otro la trompa. Luego describen el elefante basándose en su experiencia parcial. Sus descripciones están en completo desacuerdo y no logran definir al elefante. Los elementos naturales detrás de lo que llamamos sinergia es como un "elefante" no descrito. Existen varias descripciones divergentes de la misma. Esto nos hace pensar que cada una es una descripción parcial. Entre estas descripciones de sinergia están emergencia" [50], auto-organización [51], “organización jerárquica” [52], complejidad termodinámica [53], sistemas abiertos estacionarios [54] y la “Ley Constructal” [55].

6.1 Emergencia

En filosofía, teoría de sistemas, ciencia y arte, la emergencia es un fenómeno por el cual las entidades más grandes surgen a través de interacciones entre entidades más pequeñas o más simples, de manera que las entidades más grandes exhiben propiedades que las entidades más pequeñas / más simples no exhiben.

La emergencia es central en las teorías de los sistemas complejos. Por ejemplo, el fenómeno de la vida tal como se estudia en biología es una propiedad emergente de la química, y los fenómenos psicológicos emergen de los fenómenos neurobiológicos de los seres vivos.

El concepto "emergencia" se refiere al proceso de aumentar algún tipo de orden, es decir, la sinergia, desde la

perspectiva de un observador ingenioso, donde emergen propiedades que están más allá del alcance del observador de las partes. El concepto “emergencia”se centra en los aspectos misteriosos de este proceso, mientras que la sinergia se centra en los aspectos fenomenológicos y mecanicistas de este proceso.

El concepto emergente es intuitivamente muy potente, pero solo refleja nuestra ignorancia acerca de los mecanismos subyacentes responsables del fenómeno. Por ejemplo, la aparición de las propiedades del agua, cuando se hace que los átomos de oxígeno e hidrógeno reaccionen químicamente, parece ser mística. La mecánica cuántica explica este proceso, borrando el misticismo de esta "emergencia".

6.2 Auto-organización

Ilya Prigogine (1919, Moscú, 2003, Bruselas) y Jean-Louis Deneubourg (1951, Ath, Bélgica) promovieron el concepto de auto-organización, también llamado orden espontáneo (en las ciencias sociales). Es un proceso en el que alguna forma de orden surge de las interacciones locales entre partes de un sistema inicialmente desordenado. El proceso es espontáneo, no necesita control por ningún agente externo. A menudo se desencadena por fluctuaciones aleatorias, amplificadas por retroalimentación positiva. La organización resultante es totalmente descentralizada, distribuida en todos los componentes del sistema. Como tal, la organización suele ser robusta y capaz de sobrevivir o auto repararse y recuperarse de perturbaciones sustanciales. Por ejemplo, la teoría del caos discute la auto-organización en términos de islas de previsibilidad en un mar de imprevisibilidad caótica.

La autoorganización ocurre en muchos sistemas físicos, químicos, biológicos, robóticos y cognitivos. Se pueden

encontrar ejemplos en cristalización [56], convección térmica de fluidos, oscilación química, enjambres de animales y redes neuronales artificiales y biológicas. El concepto de auto-organización puede aplicarse a procesos sinérgicos y no sinérgicos (Procesos Tipo II y III en la Tabla 6.1). Por ejemplo, la auto-organización de las partículas que se depositan como sedimentos en un estanque o los átomos que se asientan en un cristal son procesos auto-organizados, pero no son sinérgicos. Aunque la entropía del sistema disminuye, también disminuye la energía libre o el trabajo potencial que puede realizar el sistema. La auto-organización se centra en el hecho de que los procesos no están dirigidos desde fuera del sistema (por un ser humano u otra entidad). Esta definición tiene así un sabor antropocéntrico. Los procesos auto-organizados sinérgicos, como los descritos en este libro, están organizados por leyes físicas y termodinámicas que conllevan a un aumento de la energía libre.

6.3 Ley Constructual

(*Constructal law*)

Adrian Bejan (nacido en 1948 en Galati, Rumania) propuso en 1996 una ley termodinámica para todos los fenómenos de generación de diseño y evolución en la naturaleza, bio y no bio. La ley constructiva representa tres pasos para hacer de "diseño en la naturaleza" un concepto y dominio basado en la ley en la ciencia:

1. La vida es flujo: todos los sistemas de flujo son sistemas vivos, lo animado y lo inanimado.

2. La generación y evolución del diseño es un fenómeno de la física.

3. Los diseños tienen la tendencia universal a evolucionar en una cierta dirección en el tiempo.

La ley constructual es una teoría física en relación con la generación de diseño (configuraciones, patrones, geometría) en la naturaleza. Sostiene que la forma y la estructura surgen para facilitar el flujo. Los diseños que ocurren de forma espontánea en la naturaleza reflejan esta tendencia: permite que las entidades fluyan con mayor facilidad, más lejos y más rápido por unidad de energía útil consumida. Las gotas de lluvia, por ejemplo, se unen y se mueven juntas, generando riachuelos, arroyos y las poderosas cuencas fluviales del mundo porque este diseño les permite moverse más fácilmente.

La ley constructual plantea la pregunta: ¿Por qué surge este diseño? ¿Por qué el agua no puede filtrarse por el suelo? La ley de constructual proporciona esta respuesta: Porque el agua fluye mejor con el diseño. La ley constructiva cubre la tendencia de la naturaleza a generar diseños para facilitar el flujo.

Una definición reciente de esta ley establece que para que un sistema de tamaño finito persista en el tiempo (para vivir), debe evolucionar de tal manera que proporcione un acceso más fácil a las corrientes de materia y energía que fluyen a través de él. Describe la tendencia natural de los sistemas de flujo (por ejemplo, ríos, árboles y ramas, pulmones, placas tectónicas y formas de ingeniería) para generar y evolucionar estructuras que aumentan el acceso al flujo.

La ley constructual se centra en el diseño de flujo y predice el cambio en direcciones discernible en el tiempo, tendiendo siempre hacia un flujo más fácil y "constructivo" en el sentido original en latín. La sinergia se centra en los mecanismos que impulsan este proceso. Al igual que en una película que consiste en múltiples imágenes enmarcadas, la ley de Constructal es un tipo de “sinergmatica” que se enfoca en

las imágenes en movimiento que revelan sinergia. El sinergmatismo requiere la comprensión de la sinergia. Por lo tanto, la sinergia debe ser la base de cualquier análisis constructual.

7 Historia de la Sinergia

El concepto de SINERGIA tiene una historia conocida. Podemos señalar la aparición del concepto a tres pioneros: Charles Scott Sherrington, Hermann Haken y Richard Buckminster Fuller. Aquí una breve descripción de sus conocimientos relevantes.

7.1 Coordinación en Fisioanatomía

En 1910, el fisiólogo Charles Scott Sherrington señaló a la organización modular del sistema de control motor neuro-muscular, basado en el reflejo flexor como la madre de todas las sinergias. Propuso que el sistema era básicamente una serie de reflejos de flexión, con otra de extensión, como el "rebote" siguiendo la flexión. La extensión durante la fase de postura de la marcha podría considerarse como algún tipo de "empuje extensor", evocado por "el peso del animal aplicado a través del pie contra el suelo". Sus estudios experimentales sobre la inervación recíproca de los músculos mostraron que la relación entre el esfuerzo realizado como insumo y el rendimiento del trabajo no era lineal y tenía propiedades sinérgicas. Estos estudios le valieron el Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1932. Hoy sabemos que la forma compleja de los músculos, los tendones, los nervios y los huesos interactúan produciendo eficiencias mecánicas que son superiores a lo que los ingenieros mecánicos han logrado hasta ahora. Quedan por descubrir muchas sinergias adicionales en la mecánica neuromuscular.

La complementariedad de los dos hemisferios cerebrales (izquierdo y derecho) en los mamíferos, y especialmente en los humanos, también provoca propiedades sinérgicas[57]. Cada hemisferio complementa las funciones del otro y necesitamos

de ambos para ser seres humanos completos y actuemos normalmente. Ese es también el caso de nuestras dos manos (izquierda y derecha) que complementan de forma sinérgica sus capacidades. En humanos, si una mano falta, indistintamente cual, se disminuye en gran medida las capacidades manuales[58].

7.2 Láser y la fuerza de la Coherencia

Hermann Haken, un pionero de la termodinámica irreversible, desarrolló una interpretación de los principios del láser como una auto-organización de los sistemas fuera del equilibrio y allanó el camino a finales de la década de 1960 para el desarrollo de la sinergística en física.

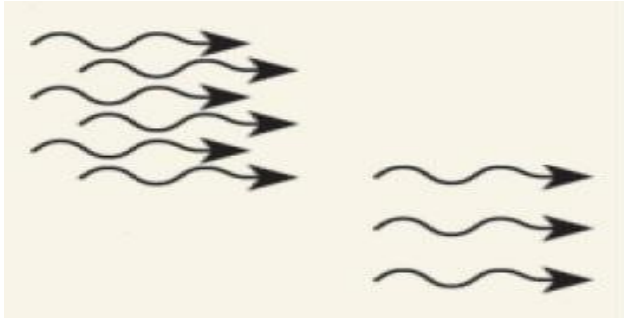


Figura 7.2
Algunos rayos de luz láser (abajo a la derecha) son mucho más potentes que muchos rayos de luz no coherente (arriba a la izquierda). Fuente: dibujo del autor.

Explicó Haken que la producción de luz láser, luz altamente ordenada o luz coherente (tres flechas onduladas en la parte inferior derecha de la figura 7.2) a partir de luz ruidosa (flechas onduladas en la esquina superior izquierda de la figura) como una transición de fase no-lineal cuando el gas emisor de la luz está confinado recibiendo altos flujos de energía. Los

átomos se activan con un campo eléctrico ondulado. Al aumentar la intensidad del campo eléctrico (parámetro de orden), se produce más luz, pero solo después de que se supera un cierto umbral, los átomos de gas participan en una emisión coherente de luz láser.

En la luz coherente (parte inferior derecha de la figura) o luz láser, cada rayo de luz agrega más a la intensidad de luz final que en la luz no-coherente (parte superior izquierda de la figura). Ello hace que un haz con pocos rayos de luz láser sea mucho más potente que un haz formado por muchos rayos de luz no coherentes. En este sentido, la adición de rayos láser es sinérgica en relación con la adición de rayos no coherentes de luz normal.

Este principio puede aplicarse a muchas situaciones en las que se puede lograr un objetivo común. En la sabiduría popular se conoce como “la unión hace la fuerza”. Esta sinergia se puede lograr en muchos dominios físicos diferentes mediante la coordinación de diversos tipos de fuerzas. Por lo tanto, para cada ejemplo, se debe identificar el enfoque del proceso sinérgico. Haken presenta una gran cantidad de ejemplos muy diversos que pueden revisarse en su libro "*La ciencia de la estructura: sinergética*" [59].

7.3 Sinergia Arquitectónica

El término sinergia fue refinado por Richard Buckminster Fuller (nacido en 1895 en Milton, MA y fallecido en 1983 en Los Ángeles) quien analizó algunas de sus implicaciones en la arquitectura que acuñó el término Synergetics. En su libro "*Synergetics: Explorations in the geometry of Thinking*", publicado en 1975, se refiere a este proceso como un fenómeno místico, describiéndolo como un comportamiento de sistemas integrales, agregados y completos, imprevisibles por el comportamiento de cualquiera de sus componentes o subdivisiones. Se dedicó a diseñar elementos estructurales

para la construcción de edificios de forma de conferir resistencia muy superior a lo logrado por estructuras clásicas, y así poder plasmar diseños arquitectónicos novedosos.

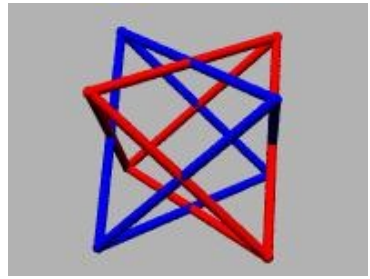


Figura 7.3
Estructuras arquitectónicas robustas: Fuente: Google Images

Descubrimiento que la resistencia mecánica, la robustez y la capacidad de carga de una estructura física dependen en gran medida de la forma en que interactúan sus partes. Esto ya se conocía en biología (ver ejemplo 3.1), pero en su época no se aplicaba en ingeniería y arquitectura. Por ejemplo, las estructuras que diseñó utilizando la unidad estructural de la Figura 7.3, son mucho más fuertes que otras estructuras que usan los mismos subcomponentes, pero están organizadas de otras maneras. Esto lo llevó a diseñar la cúpula geodésica que lo hizo famoso en todo el mundo. Las estructuras que soportaban las cúpulas eran mucho más livianas, robustas, hermosas y más baratas que las alternativas clásicas. Ahora sabemos que la naturaleza había inventado esta estructura miles de millones de años antes y creó las moléculas orgánicas a base de carbono, hoy llamadas "Fullerenos", usando este diseño.

8. Midiendo Sinergia

8.1 Representaciones Matemáticas

(Solo para lectores analíticos)

No existe una definición inequívoca para la sinergia, pero varios fenómenos no aditivos podrían calificar como sinergia. En el mundo de muchos componentes o partes constituyentes, las interacciones complejas no siempre se conservan aritméticamente. Es decir, dos fuerzas pueden sumar menos de lo que daría la suma de cada una cuando se mide por separado, porque disipan energía cuando se unen; podrían conservar perfectamente su energía y resumir aritméticamente sus energías; o pueden interactuar liberando sinérgicamente más energía que lo que ambos representan cuando se miden por separado. Describiremos estas diferentes formas de interacciones con un escalar que llamamos constante de sinergia de interacciones o Φ en letras griegas. Así definido, el valor de Φ sería menor que 1 en el primer caso donde las energías se disipan cuando se unen las fuerzas; Φ sería igual a 1 en el caso de interacciones conservadoras ideales, y el valor de Φ sería mayor que 1 cuando se liberen las sinergias entre las dos fuerzas.

Una observación empírica muestra [60] que todos los procesos sinérgicos conocidos estudiados hasta ahora, donde Φ> 1, se caracterizan por una disminución en la entropía o, lo que es lo mismo, un aumento en la negentropía (N), junto con un aumento en la energía libre disponible o la Trabajo útil potencial que el sistema puede realizar (W). Como N y W se miden en una variedad de unidades diferentes que no se

traducen fácilmente entre sí, calculamos un escalar que es independiente de la unidad de medida Este escalar Ω se define como la proporción de cambio antes y después del proceso sinérgico . Esta proporción de cambio se puede calcular para Φ, N y W. La evidencia empírica muestra que para los procesos ampliamente reconocidos como sinérgicos, se cumplen las siguientes proporciones:

$$\Omega (\Phi) > 1, \Omega (N) > 1, W > 1$$

Por lo tanto, cualquier característica de un sistema que sea susceptible de medición y que esté relacionada de alguna manera con la estructura del sistema podría servir para estimar la negentropía. Y cualquier efecto medible de las acciones del sistema que reflejan su fortaleza o eficiencia permite construir un índice que estima el trabajo útil. Estos índices se utilizan para calcular las relaciones de cambio sin unidades. Estas relaciones de cambio se pueden usar para evaluar si la sinergia está involucrada en el proceso que queremos estudiar. Si ambos índices son positivos, podemos estar seguros de que estamos tratando con la sinergia. Si ambas relaciones son negativas, estamos seguros de estar en presencia de un proceso tipo Carnot análogo a la combustión. Existe un número indeterminado de posibilidades intermedias que proporcionarán forraje continuo para futuras investigaciones (ver Tabla 6.1).

Tabla 8.1: Cuatro tipos diferentes de procesos termodinámicos

Tipo	Nombre	Energía Libre	Entropía	Neg-entropía	Proceso	Ejemplo
I	Disipación	-	+	-	Combustión	Maquina de vapor
II	Sinergia	+	-	+	Vida	Organismo
III	Llegar al Equilibrio	-	-	+	Cristalización	Solución de sal
IV	Crecimiento no ordenado	+	+	-	Guerra Bolsa de Valores	Ejército ganador Inversionista de Bolsa

La Tabla caracteriza cuatro tipos de procesos termodinámicos diferentes que varían de la forma que aumenta o disminuye la energía libre y la entropía. Muestra que solo en procesos sinérgicos aumenta la energía libre y disminuye la entropía.

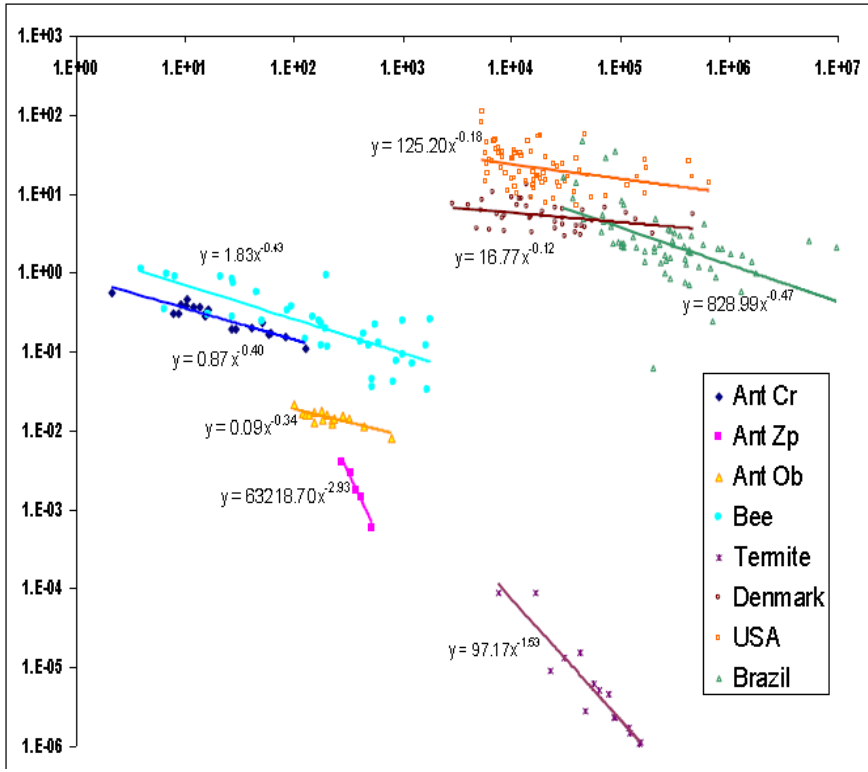
Definir sistemas muy grandes, como el partido ganador en una guerra, es problemático. El sistema cambia durante el proceso y los subsistemas pueden sufrir procesos disipativos o sinérgicos. Por ejemplo, algunos sectores de la parte ganadora podrían sufrir destrucción, mientras que otros sectores podrían desarrollar una organización altamente sofisticada.

Los procesos pueden cambiar con el tiempo y el tipo de proceso detectado depende de la ventana de tiempo utilizada. En el caso de un inversionista en la bolsa de valores, una mayor inestabilidad después de una gran inversión puede ser temporal, hasta que las ganancias de la inversión se cristalicen, entonces el proceso podría volverse sinérgico. Esto subyace a la lógica del concepto de "Destrucción Creativa" propuesto por Joseph Schumpeter (Nacido: Triesch, República Checa, Murió:

Taconic, Connecticut, EE. UU.). Aquí, después de catástrofe y destrucción viene crecimiento e innovación. Esto sucede durante el proceso de evolución biológica a través de la selección natural: la extinción de especies da cabida a nuevas especies. En la evolución económica, la eliminación de empresas obsoletas y fallidas permite que surjan nuevas y mejores, llevando el progreso económico de manera sinérgica a nuevas alturas.

8.2 Cuantificando Sinergia Social

Vatios / individuo / hora



Número de individuos (escala logarítmica

Figura 8.2

Logaritmo del consumo de energía en vatios por individuo por hora (eje vertical), contra el número de individuos en la sociedad (eje horizontal) para hormigas (Cr: *Camponotus rufipes*, Zp: *Zacryptocerus pusillus*, Ob: *Odontomachus bauri*, Termitas y humanos en ciudades de Dinamarca, EE. UU. y Brasil. [61].

Hay muchas formas de cuantificar Φ, N y W. En la Figura 8.2 se ofrece un ejemplo gráfico empírico. Aquí, se mide el consumo de energía de individuos que viven en sociedades de

diferente tamaño. Esta medida, ya sea en términos de consumo de oxígeno por individuo, cantidad de dióxido de carbono producido a través de la respiración por individuo, o consumo de electricidad por individuo. Todos los datos se transforman en vatios (que son julios por segundo) por individuo, graficados para grupos de diferentes tamaños. Los datos provienen de insectos sociales (termitas, hormigas y abejas) y mamíferos sociales (humanos). Las unidades originales para insectos son ml de CO2 por minuto y las de ciudades humanas son kilovatios de consumo de electricidad por año.

El gráfico muestra que a medida que los agregados sociales se hacen más grandes, con más individuos en la sociedad, se reduce el consumo de energía por individuo. Eso significa que cada persona que vive en sociedades más grandes necesita menos energía para sobrevivir que las personas que viven en sociedades más pequeñas o que viven solas. La explicación de esta diferencia es que la sociedad hace que el consumo de energía sea más eficiente. Este aumento de la eficiencia es proporcional a la tasa de reducción del consumo de energía a medida que las sociedades se hacen más grandes. Esta medida es directamente proporcional a la cantidad de sinergia social. Sirve por tanto de indicador cuantitativo para medir sinergia.

Este indicador nos permite comparar diferentes sociedades. En los ejemplos que se muestran en la Figura 8.2 las sociedades que lograron la mayor sinergia social entre los insectos fueron la hormiga *Zacryptocerus* y las termitas. Entre las ciudades humanas muestreadas la más eficiente fue Brasil. Brasil tiene la mayor desigualdad de ingresos entre sus ciudadanos de los tres países estudiados, y las hormigas *Zacryptocerus* y termitas la mayor varianza en morfología (polimorfismo) entre sus trabajadores. Vemos entonces que las sociedades más grandes consumen más energía, lo hacen de forma más eficiente y por tanto son más propensas a producir trabajo útil (energía libre). Ello nos permite relacionar en

términos termodinámicos la sinergia con la complejidad o la negentropía, y el trabajo útil o la energía libre.

Otros sistemas complejos también son susceptibles de mediciones cuantitativas de sinergia. Un ejemplo lo tenemos en instituciones culturales, como la literatura. La comparación del texto literario promedio con los escritos por los ganadores del Premio Nobel muestra una diferencia en la complejidad que permite calcular la sinergia necesaria para explicar la diferencia. Se puede hacer un cálculo similar comparando la música clásica antigua y nueva, los idiomas, los códigos de computadora o la complejidad del cerebro en relación con la complejidad social. En todos estos casos, se pudo calcular la sinergia, la complejidad o la negentropía, y el potencial para producir trabajo utilizable.

9. Como lograr Sinergias

Figura 9
La sinergia se encuentra a menudo en una nueva dimensión. Necesitamos salir de nuestro estado de ánimo tradicional para detectar novedades, mirar y pensar fuera de la caja.
"Escapando la crítica pintada en 1874" por Pere Borrell del Caso (1835 Puigcerdá, 1910 Barcelona)

Al destilar toda la información sobre la sinergia que hemos extraído de la naturaleza, ahora podemos identificar los elementos que permiten que se produzcan procesos sinérgicos o identificar las raíces de la sinergia. Conocemos los componentes fundamentales de cualquier proceso sinérgico. Como corolario práctico Podríamos enumerar algunas recomendaciones generales de la siguiente manera:

9.1 Expandir las dimensiones de la acción humana

Mientas mas dimensiones logramos abarcar en nuestra acción y entendimiento, más libertad ejerceremos y mas posibilidades de desencadenar sinergias tendremos. Las nuevas dimensiones la descubrimos con mas y mejor investigación científica a aplicada a mas áreas del quehacer humano. Es solo aceptando nuestra limitación en entender al mundo complejo utilizando solo nuestra intuición y razón y aplicar el método científico de validar empíricamente cada una de nuestras ideas y modelos sobre el mundo, que podemos amplia nuestros horizontes y multiplicar las dimensiones de nuestro entendimiento, ganando grados de libertad.

9.2 Diversidad por variación aleatoria y dirigida

Ninguna novedad puede surgir sin diversidad y libertad. Nuestra mente no es capaz de captar los detalles finos de las interacciones complejas y, por lo tanto, está mal preparada para predecir con precisión las habilidades, capacidades y formas necesarias para crear sinergias para una tarea determinada. Prueba y error son la mejor guía para lograrlo. Pero para que funcione la prueba y el error, necesitamos diversidad, variación en los insumos, innovación continua y propuestas novedosas.

Diferentes tipos de diversidad producen diferentes ambientes y favorecen a diferentes industrias. Las regiones con cientos de diferentes tipos de queso tienen una industria diferente a la de las regiones con una gran diversidad de cervezas. Es decir, hay una retroalimentación recíproca entre la diversidad y la actividad económica. Cada uno afecta al otro. Sus gestiones deben ser muy sutiles, inducir en lugar de mandar y evaluar continuamente el efecto de diferentes acciones. Mutaciones aleatorias, errores y contratiempos son parte del proceso. Deben ser tenidos en cuenta y aceptados.

La facilidad con que se manejan las quiebras de empresas en los EE. UU. Es la causa principal del éxito de su economía. Favorece la inventiva y promueve motivaciones innovadoras. Manejar el equilibrio correcto entre creatividad, innovación, disciplina productiva y rigor financiero es la clave para el éxito económico. Cada situación debe evaluarse según sus propios méritos y el equilibrio debe adaptarse según los resultados que se obtengan.

9.3 Usar la Diversidad: La División del Trabajo

Una vez que tengamos un grupo diverso en un entorno innovador, la selección espontánea guiada por puntos de referencia claros de productividad o eficiencia ayudará a organizar automáticamente el sistema para producir elementos emergentes basados en la especialización de las partes participantes. Para garantizar el resultado deseado de esta dinámica, necesitamos garantizar 6 ejes de acción.

1. Establecer puntos de referencia claros.

Para garantizar el progreso, debe saber si usted o su proyecto avanzan o retroceden. Para saber si su barco o tren se está moviendo, debe fijar un punto de referencia y observar si su posición relativa está cambiando. Sin puntos de referencia cuantificables y fácilmente verificables, su barco está a la deriva. Los puntos de referencia deben de ser conocidos por todos.

2. Busca lo mejor.

Es difícil hacer un buen jugo de uva con uvas podridas, a menos que deliberadamente fermente las uvas adecuadamente porque quieres producir vino. En cuanto a la calidad, no existe una relación lineal entre la calidad y la calidad superior. Lo mejor es siempre insuperable Esa es la definición de "lo mejor".

Si apuntas al éxito, nunca te conformes con elecciones inferiores. ¡Busca lo mejor y actúa lo mejor que puedas!

3. Reducción de interacciones negativas.

Las guerras destruyen las economías, las luchas arruinan las sociedades, los conflictos quiebran las empresas prósperas. La característica más dañina de cualquier sistema dinámico es el conflicto. Evitarlo es una tarea cotidiana. Los conflictos pueden comenzar desde la esquina menos esperada. Garantizar la armonía siempre y en todas partes es mejor evitar conflictos que disipen las inversiones pasadas y los esfuerzos costosos.

4. Búsqueda de complementariedad

El predictor más importante de la sinergia en un entorno de agentes o individuos que dividen el trabajo es la complementariedad. Pisar los dedos de los pies de tu vecino no te ayuda a ti ni a tu vecino a avanzar. Para complementar la acción de cada uno, se requiere una perspectiva holística que señale los aspectos faltantes del todo. Para complementarse, se requiere respeto por sí mismo y por la situación y la acción de los demás, y un profundo conocimiento de las dinámicas detalladas de la empresa. El conocimiento técnico y científico ayuda a lograr combinaciones de personas y factores que minimicen las interacciones agonistas entre las partes y reducen la disipación de los esfuerzos.

5. Promover la libre elección en las interacciones.

Ningún individuo está en posesión de "La Verdad Absoluta", a menos que esté convencido de que usted es Dios. Si es así, su lugar adecuado no es en la sociedad humana civilizada. En sistemas complejos, las perspectivas locales detectan características y cosas que son invisibles desde otros puntos del sistema. La inteligencia colectiva es mucho más robusta que la individual. No siempre los actores en un punto

específico del sistema complejo pueden explicar los detalles que ven. Deje que ellos decidan los problemas locales, están en la mejor posición para tomar decisiones rápidas y precisas si el objetivo general de la empresa está claro.

6. Combina la motivación con la responsabilidad.

El mejor pianista es una persona que le gusta tocar el piano. Nunca sobresaldrás en una actividad que no te gusta. La motivación es la raíz más importante para el éxito. Solo hacer lo que amas y por algo o alguien que amas te llevará a la excelencia. Si un individuo se siente parte integral de un grupo, lo apoyará y trabajará por su mejora. Su motivación al trabajo será grande. Si se siente marginado o excluido, a duras penas producirá el mínimo que le exige mantenerse en el grupo. No puede ser motor de procesos sinérgicos.

9.4 Mantener la Adaptación Continua

1. La sinergia sólo surge en sistemas abiertos.

Los sistemas cerrados en equilibrio no permiten la aparición de sinergias. Se requieren innovación continua, flujo de ideas, personas y recursos para formar estados estables que son los nidos donde se genera la sinergia. Pero tenga cuidado: hay límites para la complejidad, la innovación y la creatividad, y por lo tanto, para la sinergia. Demasiada diversidad y poca coordinación, sólo produce ruido. La homofilia o agrupación por compatibilidades y similitudes minimiza este peligro. Si desea mantener una actividad, negocio o empresa, necesita una participación y gestión sostenidas. La motivación es pasajera y necesita refuerzo continuo. Combinar las motivaciones con el carácter de los individuos ayuda a producir innovación con poco ruido. El balance exacto debe ser resuelto para cada situación.

2. Sincronía: acceso a la información máxima

La división compleja del trabajo y la actividad requiere una sincronización continua. Como los sistemas complejos son flexibles y variables, las sincronizaciones no son fácilmente programables. Por lo tanto, la comunicación continua entre las partes que interactúan es esencial.

3. Dinamismo

La excelencia requiere una adaptación continua. La adaptación requiere un cambio continuo. Un sistema estático en equilibrio está muerto. La vida es cambio. Solo aceptando, promoviendo y supervisando el cambio continuo se puede mantener vivo un sistema complejo.

4. Evaluación y selección.

Para mantener la adaptación continua de un sistema, debe evaluar su rendimiento respecto a puntos de referencia actualizados y ajustados, producir continuamente mejores formas de pensar, probar estas alternativas y seleccionar las mejores. Sabemos que la sinergia se ha logrado cuando el sistema produce grandes aumentos en la capacidad de trabajo y grandes aumentos en el uso de información no redundante.

5. No pare la iniciativa, oriéntela.

Nunca se sabe dónde y cuándo surgirá la próxima mejor solución. Si alguien ha pensado en una solución y hace una propuesta, utilice este esfuerzo y motivación para sus metas. No diga NO, corta la motivación y por lo tanto la creatividad. Diga SÍ y desafíe al proponente a adaptar la propuesta para cumplir con ciertos objetivos. Haz que todos sean parte del equipo y haz que lo sientan.

9.5 Aplicar la Racionalidad Empírica

La información adquirida y acumulada debe transmitirse a otros. La herencia, la tradición, el aprendizaje y la enseñanza son, por lo tanto, una parte fundamental de todos los procesos evolutivos exitosos. El tipo de información transferida debe seleccionarse cuidadosamente. Pero la información acumulada por sí sola es insuficiente para mantener las sinergias. Tiene que actualizarse continuamente.

La mente humana tiene límites severos para enfrentar la complejidad, por lo que nuestras capacidades para construir teorías y otras construcciones de nuestra mente son muy limitadas. Las percepciones humanas más importantes sobre la naturaleza son empíricas, no teóricas. Aquí algunos ejemplos de leyes empíricas que no tienen explicación teórica. En el sentido kantiano, son prioritarios o leyes naturales fundamentales sobre las cuales se construye nuestro conocimiento científico. Algunos de ellos son:

• La vida es un proceso irreversible: el envejecimiento y la muerte son certezas empíricas.

• La primera ley de la termodinámica: la energía siempre se conserva.

• La segunda ley de la termodinámica: todos los procesos producen entropía.

• La tercera ley de la termodinámica: la entropía y la temperatura tienen valores absolutos.

• Las leyes de la gravitación descubiertas por Galileo y formalizadas por Newton.

• Las leyes de la relatividad: la velocidad de la luz es constante en el vacío.

El logro de la sinergia es también una experiencia empírica. Muchas teorías de gestión empresarial pasan de moda. La sinergia es una realidad física ya que tiene sus raíces en la termodinámica. No existe una receta simple para lograr la sinergia. Como cualquier proceso complejo, es más bien un síndrome de varias características que deben funcionar armónicamente para que pueda emerger.

Una analogía ilustrativa es el funcionamiento de un automóvil. Ningún elemento individual hace que un coche funcione sin problemas. Necesitamos gasolina y batería, aceite y aire en los neumáticos, un volante y una ventana delantera. Todos estos elementos y muchos más son necesarios para que un automóvil funcione correctamente. Esto ocurre con la sinergia. Se requieren muchos elementos para lograrla. Se pueden dar recomendaciones teóricas, pero solo la experiencia empírica proporcionará la última palabra.

Las leyes fundamentales del funcionamiento de las sinergias se han desvelado, le toca a la ingeniería social elaborar los mecanismos para su implementación.

10. Ejemplos

10.1 La conversación sinérgica

En un monólogo, la interacción es principalmente unidireccional, y el comunicador debe mantener la atención del público utilizando trucos y herramientas que normalmente asociamos con las artes. En una conversación, todos los participantes interactúan. Si después de la conversación, todos o al menos uno de los participantes emerge con una visión del mundo mejorada y / o más amplia, logramos una conversación sinérgica. Si su intención es únicamente demostrar que sus ideas son correctas, no tendrá una conversación sinérgica sino un torneo de poder. Si quieres sobresalir en los monólogos, es posible que aprendas mucho de los artistas y actores. Los juegos de poder en una conversación se benefician de conocimientos en etología y psicología. Sin embargo, para lograr conversaciones sinérgicas exitosas, se necesitan otras características y trucos.

Algunas características relevantes:

- Empieza a encontrar un grupo diverso de personas inteligentes e instruidas.

- Acepta que puedes estar equivocado o ser ignorante en ciertos campos y que otros pueden saber algo que no sabes. Otros tienen experiencias diferentes, usan ventanas de tiempo y espacio diferentes a las tuyas y/o persiguen intereses diferentes. Tienen una visión del mundo diferente.

- Trata de comprender la visión del mundo de los demás y ponte en su lugar para poder explicar mejor tu visión.

- Identifica las diferencias relevantes en los puntos de vista, buscando un nivel de análisis o una ventana en el espacio y el tiempo que puedan salvar la brecha entre ti y los demás.

- Construye una visión sintética del mundo que todos puedan aceptar. Si tienes éxito, darás un salto cualitativo en el conocimiento.

Trucos para implementar estas características:

- Escucha primero antes de hablar. Mide el tiempo que hablas con un reloj. Puedes emocionarte y perder el control del tiempo, abrumando a los demás con un monólogo. Recuerda: este es un diálogo o una conversación entre varias mentes independientes.

- Nunca comiences una respuesta con un "no". Las expresiones negativas tuyas desencadenan reacciones defensivas en el oyente, bloqueando el pensamiento racional y desencadenando sentimientos y reacciones automáticas.

- Hazle preguntas a los que no hablan. Puede que te sorprenda lo que tienen que decir.

- No ofendas. Las ofensas desencadenan rabia que bloquea la racionalidad y desata el odio.

- Las emociones son importantes. Le dicen a los demás lo que te importa y aumentan su interés en esos temas. Pero no dejes que las emociones nublen tu razón.

10.2 El valor de bienes raíces

Un problema común para agentes de bienes raíces es valorar la propiedad a comprar o vender. En el caso de un automóvil, es relativamente sencillo: con los datos del modelo, los años de uso, los kilómetros recorridos, el estado general del vehículo y los accesorios y mejoras que tiene y el precio promedio en el mercado se calcula un valor justo para la venta o compra. Ese mismo calculo para un bien raíz es mas complejo. Hay mas variables que afectan el valor final de compra-venta. Estos factores interactúan entre ellos de forma no lineal, creando sinergias. El tamaño de la propiedad, las construcciones que tiene, los servicios que recibe, los servicios que ofrece, la ubicación geográfica, su historia, el escenario mas factible de desarrollo futuro del vecindario, los recursos naturales cercanos, el aire y agua al que tiene acceso, el nivel de ruido que lo afecta y la luz que recibe, los vecinos que tiene y las atracciones cercanas existentes y futuras, el acceso al bien y el tipo de tributos que le corresponde pagar, son solo algunos de los aspectos que se deben considerar y que afectan al comprador y vendedor en forma desigual. Además, cada comprador o vendedor tendrá exigencias diferentes. Estas interacciones tienen por tanto efecto diferente sobre el valor final del bien. El éxito del buen agente inmobiliario es descubrir las sinergias entre los diferentes elementos para maximizar sus beneficios en una transacción de compra venta. Considerar solo el precio promedio por metro cuadrado y la ubicación para calcular el valor de la propiedad es una solución sencilla pero suboptima.

10.3 El poder del estado

El poder esta compuesto de varios factores en dos dimensiones que interactúan entre si [62]. Una dimensión es la de los instrumentos que permiten ejercer el poder; la otra dimensión corresponde a los entes que la otorgan el derecho a usar poder.

Los instrumentos para ejercer poder son la fuerza de sumisión, la capacidad de ofrecer estímulos, y los instrumentos que condicionan o convencen al individuo a aceptar un poder específico.

Los entes que otorgan el poder es la fuerza o capacidad de infligir daño o dolor, la capacidad de otorgar beneficios, riquezas u otras compensaciones por la obediencia, y la capacidad de convencer emocional o racionalmente a aceptar el poder.

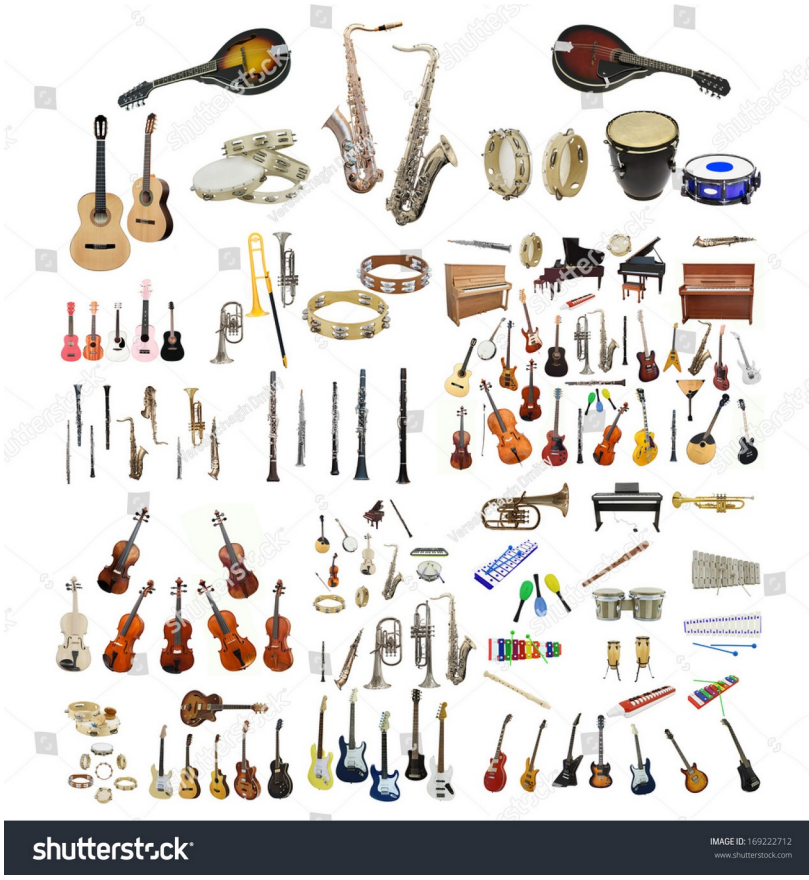
Los elementos de estas diferentes dimensiones se relacionan entre si, muchas veces produciendo sinergias que favorecen o que reducen el poder de individuos o grupos. Por ejemplo, el poder de logar votos en una democracia es altamente asimétrico. La influencia de un editor de una emisora de televisión, de una productora de cine o de un periódico no tiene el mismo poder de difusión de mensajes y de inducción de valores y motivaciones que los discursos de un barbero o un taxista a sus clientes.

Sin embargo, como lo explica elegantemente J.K. Galbraith [62] la interrelación de estas variables produce que individuos y organizaciones obtengan inmenso poder, y que individuos pierdan totalmente poder creyendo que lo tienen. En la gran mayoría de los casos, el poder es adquirido por la

interrelación de factores mas que por la fuerza y capacidad de un individuo.

Una persona en los Estados Unidos de América, por ejemplo, tiene mucho poder cuando ejerce la presidencia de la Union, pero apenas se le vence su periodo presidencial, su poder disminuye enormemente, pasando su opinión y su poder de acción a ser insignificante. Esto es, el poder es el producto sinérgico de la interacción de variables en varias dimensiones de la realidad y que no solo dependen de la personalidad, riqueza y relaciones del individuo. Organizaciones, redes, dogmas y una variedad de estímulos sociales e individuales participan en la adquisición de poder a individuos e instituciones.

10.4 La orquesta



El número de instrumentos que se utilizan para presentar una obra influye en la calidad de la obra. Aunque tríos y cuartetos pueden producir música maravillosa, las obras mas sofisticadas y excelentes son escritas en su mayoría para orquestas. Estas constan de un numero grande de instrumentos diversos que difieren en el tono y el timbre de sonido que producen. Un mayor número y diversidad de instrumentos logra efectos cada vez mas finos y delicados que enaltecen la experiencia de percepción musical. Esta mejora cualitativa de la

música en función de la diversidad y número de instrumentos no es infinita. El récord Guinness a la orquesta más grande del mundo con 8.573 músicos lo obtuvo "El Sistema" de Venezuela en el año 2021. La calidad musical conseguida en ese concierto, sin embargo, no fue mejor que la de orquestas sinfónicas tradicionales. Su impacto emocional y simbólico si fue notable.

El caso de la diversidad instrumental en la calidad de la música producida es de rendimientos decrecientes. Esto es, la relación no es lineal, como tampoco lo es la disminución de la eficiencia en el consumo per cápita de energía eléctrica en función de tamaños crecientes de ciudades. Nuevamente efectos no lineales permiten descubrir sinergias que afectan dimensiones colaterales de la situación analizada. En el caso de la música, intensidad de sentimientos que no logran despertar arreglos instrumentales mas sencillos.

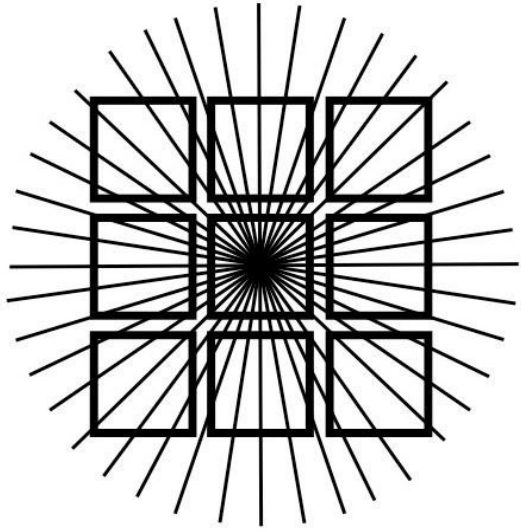


Figura 11

Nuestra mente ve curvas donde hay líneas rectas y líneas rectas donde hay curvas. Los controles y experimentos empíricos, como se usan en la ciencia, son los únicos criterios útiles para validar teorías e ideas.

Fuente: Google Imágenes

11. RESUMEN

La sinergia, surge de lazos de retroalimentación positiva recíproca y sincronizada en una red de actores diversos que intercambian información, energía y materia. Su efecto es aumentar de forma no lineal (mayores que la suma de las partes) el trabajo útil (energía libre) e incrementar un orden (disminuir entropía) del sistema. En contraste, se produce ruido cuando se mezcla información y actores incompatibles. Una mayor energía libre significa mayor emancipación del medio ambiente, incrementos en la productividad, más eficiencia, más capacidad de adaptación, autorregulación y autocontrol del sistema. La sinergia surge de una división sincronizada del trabajo cada vez más especializado.

Después de una extensa exploración y del análisis de innumerables ejemplos de sinergia en muchas áreas de la ciencia, incluida la física, la biología y la economía, postulo que los elementos comunes en todos esos ejemplos son esenciales para la existencia de la sinergia. Los elementos o raíces fundamentales de la sinergia son:

1. Sistemas Abiertos Estables
2. Cohesión
3. Diversidad y Homofilia
4. Complementariedad
5. Comunicación y Sincronía
6. Libertad y Auto-organización
7. Multiplicidad de dimensiones de acción
8. Dinámica con disminución de entropía y crecimiento de energía libre. *Este punto es esencial para definir la sinergia, ya que puede medirse. Por lo tanto la propuesta es falseable y puede ser refutada empíricamente*

Cómo lograr la sinergia.

Las acciones para nutrir la sinergia son:

1 Promover la diversidad mediante la implementación de novedades, globalización, recocido, variaciones aleatorias y dirigidas, multiplicación de dimensiones de acción, y aplicación del método científico en nuestro esfuerzo para ampliar nuestros horizontes y aumentar nuestros grados de libertad. La investigación científica maximiza la diversidad y los futuros posibles.

2 Aprovechar las diversidades a través de la división del trabajo.

1. Establecer puntos de referencia claros.
2. Busca lo mejor.
3. Reducir las interacciones negativas.
4. Búsqueda de complementariedad.
5. Promover la libre elección en las interacciones.
6. Combina la motivación con la responsabilidad.

3 Mantener la adaptación continua.

1. La sinergia surge en sistemas abiertos.
2. Sincronizar la acción a través del acceso a más información
3. Mantener el dinamismo.
4. Evaluar y seleccionar continuamente
5. ¡Nunca detengas una iniciativa, dirigela!

4 Aplicar la racionalidad empírica.

Los resultados prácticos deben guiar el pensamiento teórico, La teoría diseña modelos que al validados empíricamente motoriza la evolución gracias a la variación libre y la selección.

Agradecimientos

Innumerables personas contribuyeron con ideas, discusiones, críticas y conocimientos durante mi vida, lo que me permitió cristalizar los argumentos e ideas presentados en este libro. No puedo recordar a todos ellos. Sin embargo, gracias a todos. El manuscrito se benefició de revisiones editoriales y sugerencias de Jennifer Bernal, Gerardo Díaz, Gerardo Febres, Andrés Peña, Juan Carlos Correa, Adrian Bejan, Richard Cathcart, Nancy Sajjadi, Claudia López, Antonio Canova, Maria Corina Wallis Brandt, Cristina Lopez de Ceballos, Mary Leon, Liberty Fund…….

Notas

[1] La versión en inglés está en arXiv y en Amazon con los nombres “The Roots of Synergy”, y en ELIVA con el nombre “Information and Energy: Gods of Genesis”

[2] Jaffe K. La Riqueza de las Naciones. Un análisis interdisciplinario de sistemas complejos. Amazon books, 2016. ASIN:B01B9X9CYQ .

[3] Ver lista en Encyclopedia of Human Thermodynamics www.eoht.info.

[4] Jaffe K. “Que es la Ciencia? Una versión evolutiva interdisciplinaria”. Amazon books, 2009. ISBN-10:1523259833

[5] Peter A. Corning. “Holistic Darwinism: Synergy, Cybernetics, and the Bioeconomics of Evolution, University of Chicago Press. 2005.

[6] Peter A Corning and Eörs Szathmáry. “Synergistic selection: A Darwinian frame for the evolution of complexity”. Journal of Theoretical Biology 371: 45–58, 2015.

[7] John Maynard Smith and Eörs Szathmáry. “The Major Transitions in Evolution”. Oxford University Press, Oxford, England. 1995.

[8] Van Valen L. 1973. A new evolutionary law. Evolutionary Theory. 1: 1–30.

[9] McDonald MJ, Rice DP, Desai MM. 2016. Sex speeds adaptation by altering the dynamics of molecular evolution. Nature 531: 233–6.

[10] Jaffe K. “Synergy from reproductive division of labor and genetic complexity drive the evolution of sex”. ArXiv 1702.02141.

[11] Ejemplos de la no validez de esta ecuación en algunas áreas de las matemáticas son presentadas por: Burgin, M. Diophantine and Non-Diophantine Arithmetics: Operations with Numbers in Science and Everyday Life, LANL, Preprint Mathematics GM/0108149, 2001, 27 p. (http://arXiv.org). También en: WOLFRAM, Stephen. A Class of Models with the Potential to Represent Fundamental Physics (arXiv: 2004.08210). Y en: Jacob Lurie, Higher Topos Theory, 2009.

[12] Jaffe K. A Fourth Law of Thermodynamics: Synergy Increases Free Energy While Decreasing Entropy. https://www.preprints.org/manuscript/202007.0422/v1

[13] Relation between Constitutions, Socioeconomics and The Rule of Law: a quantitative thermodynamic approach. K Jaffe, E Martinez, AC Soares, JG Contreras, JC Correa, A Canova. http://arxiv.org/abs/2108.02094

[14] Existen dos tipos de complejidad o de información, redundante y no-redundante. Ver a Rupert Riedl: “*Die Strategie der Genesis. Naturgeschichte der realen Welt*” 1976; o “*Biology of Knowledge: The evolutionary basis of reason” 1984*

[15]Deutsch, D. & Marletto, C. Constructor theory of information. *Proceedings of the Royal Society A*, **471,** 4712014054020140540 (2015).

[16] Jaffe K. “Extended inclusive fitness theory: synergy and assortment drives the evolutionary

dynamics in biology and economics". Springer Plus, 5:1092, 2016

[17] Cramer, J., & Krueger, A. B. (2016). Disruptive change in the taxibusiness: The case of Uber. *The American Economic Review*, 106(5), 177–182. doi: 10.1257/aer.p20161002.

[18] Benoit, S., Baker, T. L., Bolton, R. N., Gruber, T., & Kandampully, J. (2017). A triadic framework for collaborative consumption (CC): Motives, activities and resources & capabilities of actors. Journal of Business Research doi:10.1016/j.jbusres.2017.05.004.

[19] Simulation accessible en la internet ilustran este proceso en: http://atta.labb.usb.ve/Klaus/SmartAnts.html

[20] The Hard Truth About Innovative. by Gary P. Pisano. From the January–February 2019 Issue of Harvard Business Review.

[21] *Schwartz, K. (2014). "On the Edge of Chaos: Where Creativity Flourishes*

[22] Ver lista de publicaciones en: http://www.complexsystems.org/publications/synhypo.html

[23] Eduard O. Wilson. Sociobiology, Belknap Press, Harvard University. 2000.

[24]Montoreano, C., & Jaffe, K. (2013). Relative importance of social synergy, assortation and networks in the evolution of social cooperation. *arXiv preprint arXiv:1311.4407*.

[25] Alfred E. Emerson 1939. "Social Coordination and the Superorganism" in: *American Midland Naturalist*. 21: 182–209, 1939.

[26] Frances Osborn and Klaus Jaffe. “Cooperation vs. exploitation: interactions between Lycaenid (Lepidoptera: Lycaenidae) larvae and ants”. Journal of Research on the Lepidoptera. 34: 69-82, 1997.

[27] Jaffe K. J Biol Phys (2018). https://doi.org/10.1007/s10867-018-9485-8 or https://arxiv.org/abs/1702.02141

[28] The dynamics of the evolution of sex: Why the sexes are, in fact, always two? Interciencia, 21: 259-267, 1996; 22: 48, 1996, Jaffe K. HTML at Interciencia or PDF

[29] Juan C. Correa and Klaus Jaffe. “Corruption and Wealth: Unveiling a national prosperity syndrome in Europe”. J. Econo. Development Studies 3: 45-59, 2015

[30] Jaffe K. Solving Friedrich Hayeck's Economic Calculus ArXiv 1509.04264, 2014

[31] Corre la simulación de la versión básica de Sociodynamica en: http://bcv.cee.usb.ve/juegos/intro_en.html

[32] Sayan Chatterjee. “Types of synergy and economic value: The impact of acquisitions on merging and rival firms”. Strategic Management Journal: 7: 119–139,1986

[33] Simon Ville and David Merrett. “Size, profitability and survivorship: the performance of large scale enterprise in Australia”. University of Wollongong, Australia.

[34] Yu-Shan Chen, Ke-Chiun Chang, and Mei-Hui Lin. “Exploring the Nonlinear Influences of Size, Profitability and Employee Productivity upon Patent Citations in the US Pharmaceutical Industry by Using Artificial Neural Network”. *National Yunlin University of Science & Technology, Taiwan* 2006.

[35] Richard Pomfret, Daniel Shapiro. "Firm Size, Diversification, and Profitability of Large Corporations in Canada", Journal of Economic Studies, 7: 140-150, 1993

[36] Peter A. Stanwick and Sarah D. Stanwick. “The Relationship Between Corporate Social Performance, and Organizational Size, Financial Performance, and Environmental Performance: An Empirical Examination”. Journal of Business Etics, 17: 195-04, 1998.

[37] Abdurahman Ammar, Awad S. Hanna, M., Erik V. Nordheim and Jeffrey S. Russell, M. “Indicator Variables Model of Firm’s Size-Profitability Relationship of Electrical Contractors Using Financial and Economic Data”. Journal of Construction Engineering and Management, 129: 192-197, 2003.

[38] David J. Ravenscraft, F. M. Scherer. “The profitability of mergers”. International journal of industrial organization. 7:101-116, 1989.

[39] Theodore Eisenberg, Stefan Sundgren and Martin T. Wells. “Larger board size and decreasing firm value in small firms”. Journal of financial economics, 48: 35-54, 1998.

[40] Jaffe, K, Caicedo M, Manzanares M, Ríos A, Florez A, Montoreano C, Davila V. Productivity in physical and chemical science predicts the future economic growth of developing countries better than other indices for knowledge. PloS One 0066239, 2013 and Jaffe K, Rios, A, Florez A. Statistics shows that economic prosperity needs both high scientific productivity and complex technological knowledge, but in different ways. Interciencia 38: 150-156, 2013.

[41] Relation between Constitutions, Socioeconomics and The Rule of Law: a quantitative thermodynamic approach. K Jaffe, E Martinez, AC Soares, JG Contreras, JC Correa, A Canova. http://arxiv.org/abs/2108.02094

[42] - Irenäus Eibl-Eibesfeldt Human Ethology. Cambridge University Press 2011.
- Wilson, Edward O.. On Human Nature: Philosophy after Darwin: Classic and Contemporary Readings, edited by Michael Ruse, Princeton: Princeton University Press, 2021, pp. 333-342. https://doi.org/10.1515/9781400831296-038
- Nikolay Kradi. From Tribal Confederation to Empire: the Evolution of the Rouran Society Acta Orientalia Academiae Scientiarum Hung. Volume 58 (2), 149–169 (2005)
- Jan Knappert. From Family to Nation: An Essay on the Evolution of Human Society. International Journal on World Peace. Vol. 13, No. 3 (1996), pp. 65-74. https://www.jstor.org/stable/20752089

[43] JC Correa, K Jaffe. Corruption and Wealth: Unveiling a National Prosperity Syndrome in Europe Journal of Economics and Development Studies 3 (3), 43-59

[44] *Achenbach, A., and Foitzik, S. (2009). First evidence for slave rebellion: enslaved ant workers systematically kill the brood of their social parasite Protomognathus americanus. Evolution 63, 1068–1075. doi: 10.1111/j.1558-5646.2009.00591.x*

[45] Polis platform https://pol.is/integrate

[46] William D. Hamilton. “The Evolution of Altruistic Behavior”. The American Naturalist 97: 354- 356, 1983.

[47] David C. Queller. “Expanded social fitness and Hamilton´s rule for kin, kith, and kind”. PNAS 108: 10792-10799, 2006.

[48] Jaffe K. “An economic analysis of altruism: who benefits from altruistic acts?”. JASSS 5,3,3 2002.

[49] Jaffe K. “Extended inclusive fitness theory: synergy and assortment drives the evolutionary dynamics in biology and economics". Springer Plus, 5:1092, 2016

[50] Pernu, T. K.; Annila, A. Natural emergence. Complexity 2012, 17, 44–47.

[51] Camazine, S.; Deneubourg, L. L.; Franks, N. R.; Sneyd, J.; Theraulaz, G.; Bonabeau, E. Self Organization in Biological Systems; Princeton University Press, 2003; pp 538.

[52] Annila, A.; Kuismanen, E. Natural hierarchy emerges from energy dispersal. Biosystems 2009, 227–233.

[53] Chatterjee, A. Thermodynamics of action and organization in a system. Complexity, 2015. Doi: 10.1002/cplx.21744

[54] Lucia, U. (2013). Stationary open systems: A brief review on contemporary theories on irreversibility. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 392(5), 1051–1062.

[55] A. Bejan and J. P. Zane, DESIGN IN NATURE, How the Constructal Law Governs Evolution in Biology, Physics, Technology, and Social Organization, Doubleday, New York, 2012. And A. Bejan, THE PHYSICS OF LIFE: *The Evolution of Everything*, St. Martin’s Press, New York, 2016.

[56] Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Crystallization

[57] Robert M. Saplosky 2017. Behave: The Biology of Humans at our Best and Worst. Penguin Press.

[58] Gerardo Dias, 2017. Comunicación personal.

[59] Haken H. The Science of Structure: Synergetics (Van Nostrand Reinhold, 1981).

[60] Jaffe K and Gerardo Febres. “Defining synergy thermodynamically using quantitative measurements of entropy and free energy”. Complexity 2016. DOI:10.1002/cplx.21800

[61] Jaffe K. “Quantifying social synergy in insect and human societies”. Behavioural Ecology and Sociobiology 64: 1721-1724, 2010.

[62] John Kenneth Galbraith, The Anatomy of Power. Houghton Mifflin Company Boston. 1983.